

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**Aplicación del sistema de control de calidad QA-QC en el
proceso de muestreo geológico para validar la estimación de
recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Cristhian Bernabé ROJAS FIGUEROA

Asesor: Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco - Perú - 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**Aplicación del sistema de control de calidad QA-QC en el
proceso de muestreo geológico para validar la estimación de
recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN

PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO

MIEMBRO

Mg. Eder Guido Robles Morales

MIEMBRO

DEDICATORIA

A DIOS por dame la sabiduría y fortaleza para poder concluir esta tesis. A mis padres Clementina Figueroa y Florencio Rojas por su apoyo incondicional para lograr mis objetivos, a mis Hnos por su constante empuje para lograr y terminar este trabajo. A mis hijas por ser mi inspiración para todo lo que pueda realizar.

AGRADECIMIENTOS

A Cía Minas Buenaventura, por ser mi casa laboral, la misma que me dio la oportunidad de entender la geología minera en todos sus ámbitos y al mismo tiempo me brindó las facilidades para la elaboración de esta Tesis.

Al Ing. Julio Meza, Gerente General de Geología por permitirme acceder a la información relevante para la elaboración de este proyecto, pero sobre todo por su apoyo incondicional para mi desarrollo profesional dentro de la corporación.

RESUMEN

El enfoque del presente trabajo de investigación está orientado a determinar si la aplicación de un sistema de Control de Calidad QA-QC al proceso de Muestreo Geológico influye en la confiabilidad de la información utilizada para la validación de Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, teniendo un enfoque de investigación cuantitativa a través de una metodología descriptiva-correlacional. En análisis de los datos de las muestras de control tuvo como resultados un error relativo inferior del 5% en los duplicados, sesgo negativo menor a 2% en los Estándares y finalmente la tasa de contaminación para los Blancos finos fue de 1.83% para Au y 1.50% para Ag y en los Blancos grueso es de 3.10% para Au y 20.54% para Ag, siendo estos resultados aceptables para la validar la estimación de recursos en la mina Tambomayo según los niveles de aceptación de exactitud y precisión sugeridos por AMEC (Simón, 2016)

En síntesis, la aplicación de un sistema de control de calidad ha servido para analizar y tomar acción a las inconsistencias presente en la recolección, preparación y análisis químico de las muestras geológicas, con esto se garantiza y aumenta la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Palabras Clave: control de calidad, muestreo geológico, estimación recursos.

ABSTRACT

The focus of this research work is aimed at guaranteeing and increasing the reliability of geological information, applying a QA-QC quality control system to the geological sampling process that serves to validate the resource estimate in the Tambomayo Mine through a descriptive-correlational research. The application of the QA-QC quality control system resulted in a relative error of less than 5% in the field duplicates, thick duplicates and fine duplicates, which are analyzed by Sampling Precision, for the Accuracy control there is a smaller negative bias to 2% in the Low, Medium and High Standards, finally the contamination rate for fine Whites is 1.83% for Au and 1.50% for Ag, in coarse Whites it is 3.10% for Au and 20.54% for Ag, being These results are acceptable to validate the resource estimate at the Tambomayo mine according to the standards and guidelines of the JORC code. In summary, the application of a quality control system has served to analyze and take action on the inconsistencies present in the taking, preparation and chemical analysis of the geological samples, with this the reliability of the results obtained is guaranteed and increased.

Keywords: quality control, geological survey, resource estimation.

INTRODUCCIÓN

La mina Tambomayo está ubicado en el sur del Perú, distrito de Tapay, en la provincia de Caylloma, Arequipa, este es un depósito epitermal de baja sulfuración que abarca como principal producto mineral el oro y la plata, emplazados en vetas y cuerpos.

Para sustentar sus activos un proyecto se basa a la valorización de sus recursos minerales, para esto “primero se debe tener conocimiento de los recursos que se encuentran en el subsuelo y el nivel de confiabilidad de su existencia” (Ávila, 2019), por lo que se considera importante incorporar “procesos de aseguramiento y control de calidad QA-QC al muestreo geológico” (Simón, 2016) para garantizar esta información.

El presente trabajo de investigación describe y analiza la aplicación de un sistema de control de calidad QA-QC al proceso de muestreo geológico para determinar su influencia en la validación de estimación de los recursos en la mina Tambomayo. En esta se detalla la aplicación QA-QC para la recolección, preparación y análisis químico de las muestras geológicas obtenidas desde sondajes diamantinos y canales mineros, que en la práctica se materializan mediante la inserción, monitoreo y estudio de las muestras de control.

Finalmente se describen los resultados obtenidos de los datos de los materiales de control y se realizan los análisis correspondientes para identificar y corregir las inconsistencias oportunamente (Simón, 2016).

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Determinación del Problema.....	1
1.2	Delimitación de la investigación	2
	1.2.1 Delimitación espacial	2
	1.2.2 Delimitación Temporal	3
1.3	Formulación del Problema	3
	1.3.1 Problema General.....	3
	1.3.2 Problemas Específicos	3
1.4	Formulación de Objetivos	3
	1.4.1 Objetivo general	3
	1.4.2 Objetivo Específico	4
1.5	Justificación de la investigación	4
1.6	Limitaciones de la investigación.....	5
	1.6.1 Importancia	5
	1.6.2 Alcances de la Investigación	5
	1.6.3 Limitaciones	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de estudio	7
2.2.1	Antecedentes Internacionales	7
2.2.2	Antecedentes Nacionales.....	9
2.2	Bases Teóricas – Científicas.....	11
2.2.1	Generalidades Zona de Proyecto.....	11
2.2.2	QA-QC Aseguramiento y control de calidad	26
2.2.3	Aseguramiento de Calidad	27
2.2.4	Control de Calidad	31
2.2.5	Inserción de controles	40
2.2.6	Estimación de recursos minerales.....	41
2.2.7	Código de JORC.....	41
2.2.8	Lista de verificación de Criterios de Evaluación e Información del Código JORC	42
2.3	Definición de Términos básicos	42
2.4	Formulación de Hipótesis.....	44
2.4.1	Hipótesis General	44
2.4.2	Hipótesis Específicas	44
2.5	Identificación de Variables	45
2.6	Definición Operacional de variables e indicadores.....	46

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICA DE INVESTIGACION

3.1	Tipo de Investigación	47
3.2	Nivel de investigación	47
3.3	Métodos de la Investigación.....	47
3.4	Diseño de la Investigación	48
3.5	Población y muestra	48

3.6	Técnicas e Instrumentos de la recopilación de datos	49
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	58
3.8	Tratamiento Estadístico de Datos	67

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción del trabajo de campo	70
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	76
4.3	Pruebas de Hipótesis.....	96
4.4	Discusión Resultados	99

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Extracción de muestra gemela de perforación diamantina.....	38
Tabla 2.Tabla de porcentaje de inserción de muestras de control.....	40
Tabla 3.Operacionalización de variables	46
Tabla 4.Frecuencia de Inserción de Muestras de Control encomendada.....	54
Tabla 5.Limite tolerancia de muestras de control según AMEC.....	59
Tabla 6.Tabla de niveles aceptación muestras de control.....	59
Tabla 7.Resumen de valores del blanco grueso y límites de detección	65
Tabla 8.Resultados muestras de control “Duplicados”.....	77
Tabla 9.Resultados muestras de control “Estandares”.....	77
Tabla 10.Resultados muestras de control “Blancos”.....	78
Tabla 11.Resultados muestras de chequeo.....	78
Tabla 12.Cuadro pares fallidos FD - Au	79
Tabla 13.Cuadro pares fallidos CD -Au	80
Tabla 14.Cuadro de pares fallidos PD - Au	81
Tabla 15.Cuadro de pares fallidos FD - Ag	82
Tabla 16.Cuadro de pares fallidos CD -Ag.....	83
Tabla 17.Cuadro de pares fallidos PD - Ag	84
Tabla 18.Cuadro de pares fallidos Estandar Bajo - Au	85
Tabla 19.Cuadro de pares fallidos Estándar Medio – Au.....	86
Tabla 20.Cuadro de pares fallidos Estándar Alto - Au	87
Tabla 21.Cuadro de pares fallidos Estándar Bajo - Ag	88
Tabla 22.Cuadro de pares fallidos Estándar Medio - Ag.....	89
Tabla 23.Cuadro de pares fallidos Estándar Alto - Ag	90
Tabla 24.Cuadro de pares fallidos Blanco Grueso - Au.....	91
Tabla 25.Cuadro de pares fallidos Blanco Fino - Au.....	92

Tabla 26.Cuadro de pares fallidos Blanco Grueso - Ag.....	93
Tabla 27.Cuadro de pares fallidos Blanco Fino - Ag.....	94
Tabla 28.Cálculos Estadísticos de prueba hipótesis - Precisión	96
Tabla 29.Cálculos Estadísticos de prueba hipótesis - Exactitud	97
Tabla 30.Cálculos Estadísticos de prueba hipótesis - Exactitud	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación y Acceso a la Mina Tambomayo</i>	12
Figura 2. <i>Secuencia Paragenética</i>	14
Figura 3. <i>Plano Geología Distrital</i>	16
Figura 4. <i>Mapa Geológico Local</i>	18
Figura 5. <i>Sección Transversal A-A'</i>	18
Figura 6. <i>Columna Estratigráfica Regional Tambomayo</i>	24
Figura 7. <i>Modelo Regional de Esfuerzos</i>	25
Figura 8. <i>Diagrama de Procesos QA-QC</i>	27
Figura 9. <i>Exactitud versus precisión</i>	33
Figura 10. <i>Extracción de muestra gemela de canal</i>	35
Figura 11. <i>Extracción de muestra gemela de perforación diamantina</i>	36
Figura 12. <i>Duplicado grueso</i>	37
Figura 13. <i>Obtención de core</i>	50
Figura 14. <i>Extracción del tramo de perforado desde el tubo</i>	51
Figura 15. <i>Toma de muestras de canal interior mina</i>	53
Figura 16. <i>Límite y tolerancia para muestra gemela</i>	60
Figura 17. <i>Límite y Tolerancia Duplicados Gruesos</i>	62
Figura 18. <i>Límite y Tolerancia Duplicados Finos</i>	63
Figura 19. <i>Límite y Tolerancia Estándar</i>	64
Figura 20. <i>Límite y Tolerancia Blanco grueso</i>	64
Figura 21. <i>Límite y Tolerancia Blanco fino</i>	65
Figura 22. <i>Diagrama de dispersión de muestras de chequeo</i>	66
Figura 23. <i>Exclusión de valores atípicos</i>	67
Figura 24. <i>Diagrama de aplicación sistema de control de calidad QA-QC</i>	71
Figura 25. <i>Muestreo de sondajes diamantinos</i>	72

Figura 26. <i>Talonario de muestreo</i>	72
Figura 27. <i>Formato de inserción de muestras de control</i>	73
Figura 28. <i>Inserción de estándares</i>	74
Figura 29. <i>Inserción de blancos</i>	74
Figura 30. <i>Inserción de duplicados</i>	75
Figura 31. <i>Lote de muestreo, incluye muestras de control</i>	75
Figura 32. <i>Empaquetado de muestras para envío a laboratorio químico</i>	76
Figura 33. <i>Duplicado Campo Au</i>	79
Figura 34. <i>Duplicado Grueso Au</i>	80
Figura 35. <i>Duplicado Pulpa Au</i>	81
Figura 36. <i>Duplicado Campo -Ag</i>	82
Figura 37. <i>Duplicado grueso Ag</i>	83
Figura 38. <i>Duplicado Pulpa -Ag</i>	84
Figura 39. <i>Estándar Bajo – Au</i>	
Figura 40. <i>Estándar Medio – Au</i>	86
Figura 41. <i>Estándar Alto – Au</i>	87
Figura 42. <i>Estándar Bajo – Ag</i>	88
Figura 43. <i>Estándar Medio – Ag</i>	89
Figura 44. <i>Estándar Alto – Ag</i>	90
Figura 45. <i>Blanco Grueso – Au</i>	91
Figura 46. <i>Blanco Fino – Au</i>	92
Figura 47. <i>Blanco Grueso – Ag</i>	93
Figura 48. <i>Blanco Fino – Ag</i>	94
Figura 49. <i>Check Samples – Au</i>	95
Figura 50. <i>Check Samples – Au</i>	95

Figura 51.Prueba unilateral con cola hacia la izquierda – Precisión	96
Figura 52.Prueba unilateral con cola hacia la izquierda – Exactitud	97
Figura 53.Prueba unilateral con cola hacia la izquierda – Contaminación	98

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Determinación del Problema

La mina Tambomayo, es un proyecto minero ubicado en el distrito de Tapay, provincia de Caylloma, Arequipa a 14 Km al Suroeste del distrito de Caylloma, cuya producción es de oro y plata, se aplica un método de explotación subterráneo de taladros largos el cual nos permite disparar tajeos de grandes volúmenes, para definir los recursos minerales se realizan la perforación de sondajes diamantinos y laboreo minero, los cuales son muestreados y posteriormente enviados al laboratorio químico para su respectivos análisis, esta información tomada en campo se utiliza para la estimación de los recursos en la mina Tambomayo.

Una compañía que reporta a las bolsas de valores debe “revisarse e informar públicamente sobre sus Recursos Minerales anualmente” (JORC, 2012), ya que las estimaciones de Recursos Minerales no son cálculos precisos, y dependen de la interpretación de información limitada sobre la ubicación, forma y continuidad de la ocurrencia y de los resultados de muestreo disponibles.

El Código de JORC utiliza una lista de verificación de criterios y normas que deben usarse como referencia para evaluación e informe de resultados de los Recursos Minerales (Anexo 01), donde se considera el control de calidad de datos de ensayos y pruebas de laboratorio “La naturaleza de los procedimientos de control de calidad adoptados (por ejemplo, estándares, blancos, duplicados y verificaciones por medio de laboratorio externo) y si se han establecido niveles aceptables de exactitud y precisión” (JORC, 2012)

En la mina Tambomayo se tiene que la exactitud analítica para oro y plata no se encuentra dentro de los límites aceptables (malo: sesgo de 10% a $\pm 15\%$). Respecto al grado de contaminación, los resultados se encuentran dentro del rango aceptable. En cuanto a la precisión, los resultados duplicados se encuentran ligeramente fuera del rango aceptable de precisión para el oro y plata (%CV aceptable para oro: 10%), con coeficiente de variación de 12.11% y 11.72% respectivamente.

Por tanto, es importante aplicar un sistema de Control de Calidad QA-QC al proceso de muestreo geológico a través de la “inserción, monitoreo y análisis de muestras de control” (Simón, 2016), con la finalidad de tener los niveles de exactitud y precisión aceptables sugeridos por AMEC (Simón, 2016), esto no dará un nivel de confiabilidad mayor y garantizará la veracidad de la información obtenida, validando así la estimación de los recursos en la mina Tambomayo.

1.2 Delimitación de la investigación

La investigación estará centrada a todas las vetas ubicadas en la mina Tambomayo.

1.2.1 Delimitación espacial

La investigación se llevará a cabo en la Mina Tambomayo dentro de la mina Tambomayo, considerando la Concesión Chaquelle-29.

1.2.2 Delimitación Temporal

La investigación se llevará a cabo en los meses de enero del 2019 a diciembre del 2019.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

- ¿Cuál es la influencia de la aplicación de un sistema de Control de Calidad QA-QC en el proceso de Muestreo Geológico en la validación de Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo se relaciona la aplicación de un sistema de Control de Calidad QA-QC en la validación de Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019?
- ¿Cuál es el efecto de minimizar los errores en el proceso de Muestreo Geológico para la validación de Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma-Arequipa 2019?

1.4 Formulación de Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Determinar si la aplicación de un sistema de Control de Calidad QA-QC al proceso de Muestreo Geológico tiene influencia en la reducción del error relativo, sesgo y tasa de contaminación, para validar la Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma– Arequipa 2019.

1.4.2 Objetivo Específico

- Analizar si la aplicación de un sistema de control de calidad QA-QC se relaciona con la validación de la estimación de recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019.
- Examinar el efecto de la minimización de errores al proceso de Muestreo Geológico para la validación de Estimación de Recursos en la Mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019

1.5 Justificación de la investigación

El negocio minero se sustenta en la valoración de sus recursos minerales, para esto se requiere que la información que se encuentre en el subsuelo tenga un nivel de confiabilidad y veracidad aceptable (Urtubia, 2019).

Nuestro estudio se justifica porque la empresa reporta sus recursos minerales de manera transparente a la bolsa de valores, los cuales solicitan el cumplimiento de los procedimientos de estimación de recursos con lista de control de criterios de evaluación e información del Código JORC 2012 (Anexo 01).

Considerando que el proyecto actualmente está enfocando sus esfuerzos en la exploración para incrementar sus recursos minerales y seguir reportando sus recursos a la bolsa de valores, este trabajo será útil para que garantice la confiabilidad de la información geológica obtenida que será utilizada en la estimación de recursos.

Además, este trabajo proporcionará un soporte teórico para todo el personal de Geología en el conocimiento del control de calidad QA-QC y proceso de muestreo geológico remarcando su importancia en la recolección, preparación y el análisis químico.

1.6 Limitaciones de la investigación

1.6.1 Importancia

Es muy común que la falta de un adecuado “control y aseguramiento de calidad con lleve a demoras en el financiamiento y desarrollo del proyecto” (CIM, 2018) , mientras que se recolecta dicha evidencia, lo que incrementa el costo de producción del proyecto. Disponer de datos confiables se ha incorporado el desarrollo de procedimientos y métodos que sean transparente y que tengan un consenso sobre su garantía de confianza de la información; estos procesos son los que han dado paso a la creación de códigos como NI-43-101, el código JORC, CIM, entre otros que son de cumplimiento obligatorio en toda auditoria de recursos.

El sistema de control de calidad QA-QC adquiere un papel importante para la validación de recursos debido a que está orientado a obtener la certeza de información de la base de datos.

Es por ello la importancia de la aplicación de un sistema de Control de Calidad QA-QC en el proceso de muestreo geológico que nos permita validar la estimación de recursos en la mina Tambomayo.

1.6.2 Alcances de la Investigación

En el presente trabajo de investigación tiene como alcance todas las técnicas utilizadas en la aplicación del sistema de Control de Calidad QA-QC en el muestreo geológico el cual nos va permitir validar la estimación de recursos en la mina Tambomayo.

Aplicar y analizar el sistema de control de calidad QA-QC, mejorando los procesos en el muestreo geológico cumpliendo los requisitos de calidad que brinden solidez y confiabilidad al mercado local e internacional como una empresa responsable y seria.

1.6.3 Limitaciones

Reducida cantidad de investigaciones previas, para la revisión bibliográfica en la materia. Por otro lado, hay limitaciones en la utilización de datos, los conceptos no se han modificado, se aportará un enfoque claro al tema de estudio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.2.1 Antecedentes Internacionales

Cuevas, (2017) en su proyecto titulado “Propuesta metodológica para la validación de los modelos de recursos de Codelco, Chile”, tiene como objeto generar una propuesta metodológica estandarizada para la entrega, almacenamiento y validación de los modelos de recursos de Codelco, referente al manejo de la información utilizada, plazos, revisión de la calidad y completitud de los datos. La información obtenida es mediante muestreos de sondajes, pozos de tronadura, canaletas, muestras superficiales. la obtención de los datos desde estos muestreos busca registrar los aspectos y variables geológicas desde la naturaleza para su uso posterior en la interpretación. Para utilizar la misma terminología y reportar públicamente los recursos minerales y reservas mineras la industria minera ha desarrollado estándares mínimos, uno de ellos es el Código australiano Joint Ore Reserves Committee, JORC,

El QA-QC asociado al procesamiento de los sondajes se aplica al corte del testigo, preparación mecánica (reducción, división y pulverizado) y análisis químico, con la finalidad de asegurar que la información de las leyes utilizadas para la estimación de leyes a largo plazo tengan precisiones y exactitudes dentro de los niveles aceptados. Este trabajo se efectúa mediante la “inserción sistemática de duplicados y materiales de referencia, que se utilizan en los controles de corte, preparación mecánica y análisis químicos, a fin de chequear la precisión y para el control de la exactitud analítica, se incluyen materiales de referencia de leyes bajas, medias y altas. A fin de evaluar la existencia de contaminación se utilizan materiales blancos” (Cuevas, 2017). En conclusión, para el proceso de actualización y validación del modelo de recursos se tiene que estandarizar un flujo de trabajo desde la toma de muestras geológicas hasta la validación de los datos.

Ávila, (2019) en su trabajo de investigación “Desarrollo de guía de mejores prácticas en estimación de recursos mineros para yacimientos tipo pórfido cuprífero en Chile”, cuyo objetivo es determinar que prácticas son más adecuadas para generar una estimación de recursos confiable que se adecue a las normas de reportabilidad. La información se recolecta de los tipos principales de yacimientos tipo Pórfido Cuprífero, con el fin de tener un mayor entendimiento de las principales características que pudieran influir en el proceso de estimación. También se recolecta información desde fuentes bibliográficas para comprender las distintas metodologías y prácticas que se pueden efectuar en las diferentes etapas de estimación. Los resultados asociados al QA-QC muestran que en general el entorno minero ha evolucionado respecto a la importancia a este proceso, aún así, existen problemas en el proceso de muestreo debido a los errores producidos por no llevar adecuadamente los protocolos o al poco cuidado al realizar las actividades. En conclusión, el “QA-QC ha mejorado, sin embargo, todavía existe la importancia de llevarlo a cabo de manera continua, no solo es

proceso de los análisis químicos sino también el mejoramiento en el proceso de muestreo geológico, ya que hay poco control y cumplimiento de los protocolos en campo” (Ávila, 2019).

Urtubia, (2019) en su tesis titulada “Implementación y optimización de actividades de geología de producción, control de calidad mineral en el corto plazo”, trae como propuesta optimizar e implementar técnicas y mejores prácticas en las actividades de geología y crear una metodología de trabajo para el control de calidad mineral. La toma de datos involucra la calidad de resultados, tanto de ensayos de laboratorio, como los muestreos en terreno, lo más preciso y exacto posible. De esta forma se pueden detectar los errores y fallas, cuantificarlas para una evaluación de causa-efecto y encontrar medidas de mitigación en el área de trabajo que permitan optimizar los recursos invertidos. Para cumplir con los “estándares de calidad, se deben realizar controles (terreno/pulverizado/preparación/analítico) cada 20 muestras, de tal forma que abarque un 5%” (Urtubia, 2019). La teoría del muestreo indica una gran gama de errores a los que se está susceptible, es por ello por lo que se establecen criterios estadísticos de control para medir precisión y exactitud, con esto analizar cada proceso competente. La precisión de duplicados se refleja con los errores calculados para estandarizar y clarificar el análisis de resultados obtenidos del QA-QC de los datos de leyes. Si queremos un nivel de confianza de los datos, se logrará a partir de la aplicación continua de una metodología de control de geología que involucra el control de calidad y aseguramiento del mineral QA-QC

2.2.2 Antecedentes Nacionales

Ccama (2017), presento una tesis titulada “Aplicación del QA-QC en el proceso geológico para validar la estimación de recursos y reservas”, este trabajo de investigación tiene como objetivo Aplicar el QA-QC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, asimismo de asegurar que los

resultados del muestreo sean de alta calidad y confiabilidad. Los datos recolectados para esta evaluación son de 3726 muestras, las muestras gemelas, duplicados gruesos y duplicados de pulpas han sido evaluados de acuerdo con el método hiperbólico.

Dentro de los principales resultados se obtuvo que la precisión está dentro los parámetros aceptables, el rango de inserción de muestras gemelas es de 6.9%, 3.54% para duplicados gruesos, 3.68% para duplicados finos. La exactitud muestra que, el rango de inserción es de 3.91%, con sesgo cuestionable para el Cu, y sesgo Bueno para Pb, Zn y Ag. El rango de inserción de Blancos Gruesos y Blancos Finos que son; 3.84% y 3.78% respectivamente, muestran que la contaminación de muestras en la campaña tiene condición aceptable para (Cu, Pb, Zn y Ag).

Por tanto, se resalta que “aplicando el QA-QC en cada una de las etapas del proceso geológico, garantizamos una buena data, la cual permitirá una estimación de recursos confiable” (Ccama, 2017) y que todo el personal de Geología debe estar involucrado con los lineamientos del “control y aseguramiento de la calidad”. (Ccama, 2017)

Rodriguez, (2017) en su trabajo de investigación titulado “Geología, control de calidad (ore control, QA-QC, dilución) y funciones del ingeniero geólogo en operaciones mina”, da a conocer la importancia del control de calidad (Ore Control QA-QC – Dilución). Para este trabajo la toma de muestras de la estructura se realizará cada 3m y cada 2m, para tajeros y avances respectivamente, también se realiza el muestreo de los taladros diamantinos desde superficie e interior mina. Se considera que la información utilizada tanto de muestreo, Sondajes, ubicación topográfica y análisis de laboratorio es confiable y aceptable, basándonos en los controles de calidad realizados, al seguimiento en la toma de muestras y a los replanteos y verificaciones topográficas de la ubicación de muestras y DDHs. Se concluye que la importancia del trabajo de campo en la toma de muestras y mapeo

geológico, así como el procesamiento de la data según los resultados obtenidos teniendo en cuenta que si la información es errónea el procesamiento de resultados también es errónea. Además, esto nos debe asegurar que el “mineral se mine, salga con la ley de la reserva” (Rodríguez, 2017).

Huamani (2019) en su tesis “Geología, control y aseguramiento de la calidad QA-QC en la mina Chipmo”, cuyo objetivo es de asegurar que los resultados del muestreo sean de alta calidad y confiabilidad, ya que nos ayudará a verificar y optimizar la calidad de información, tales que permitan la estimación de recursos y reservas. Los datos recolectados para esta evaluación son de 25526 muestras, las muestras gemelas, duplicados gruesos y duplicados de pulpas han sido evaluados de acuerdo con el método estadísticos descriptivo. Donde se concluye que el Aseguramiento de la calidad (QA) son actividades preestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación alcance un grado aceptable de calidad. “El Control de la calidad (QC) son técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado en una operación”. (Huamani, 2019).

2.2 Bases Teóricas – Científicas

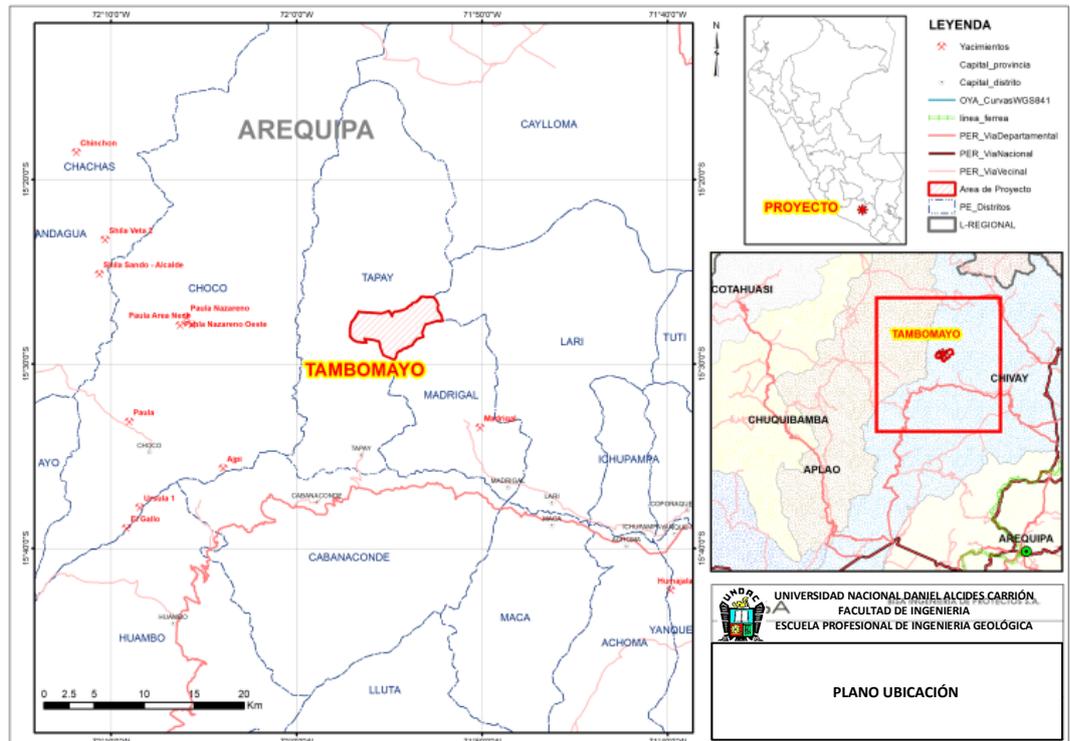
2.2.1 Generalidades Zona de Proyecto

Ubicación y Accesos

La mina Tambomayo se ubica en el anexo de Pumachica, distrito de Tapay, provincia de Caylloma, departamento y región Arequipa, las coordenadas UTM del punto central son E 188,000 y N 8'287,000 (WGS 84 Zona 19), a una altitud de 5400 msnm. El acceso se realiza de la siguiente manera: Lima-Arequipa vía aérea (1.2 hora), Arequipa, Sibayo, Caylloma, Tambomayo con 301 km de recorrido (7 horas).

Figura 1.

Ubicación y Acceso a la Mina Tambomayo



Geología Económica

Tambomayo es considerado como un depósito epitermal de sulfuración media vetiforme que tiene incorporado la mineralización de Au, Zn, Pb, Ag, teniendo al Ag y Au como importantes elementos de interés monetario.

Las estructuras principales del depósito corresponden a los sistemas de Paola y Mirtha, las que se hallan interviniendo en las secuencias volcánicas que están formadas generalmente por tobas, lavas y tobas brechas de conformación andesítica. Se hace referencia a que las potencias de las ventas son variables entre 15m y 0.5 m.

Dichas estructuras son controladas por un medio de errores tensionales con orientación hacia el ONO y el segundo medio con dirección NNO. Dentro del

sistema ONO se produjeron vetas falla de tipo sheeted veins con un dominio simoidal.

La descripción de la geología distrital y del yacimiento Tambomayo ha sido sintetizada de BVN (2014), Informe Geológico Tambomayo, Oscar Mayta (2011), Informes Microscopia Tambomayo ALS_BISA (2012, 2014) Caracterización Geoquímica Multivariable Veta Mirtha, Carlos Arce (2015), Informe Geológico Estructural, Martínez (2015).

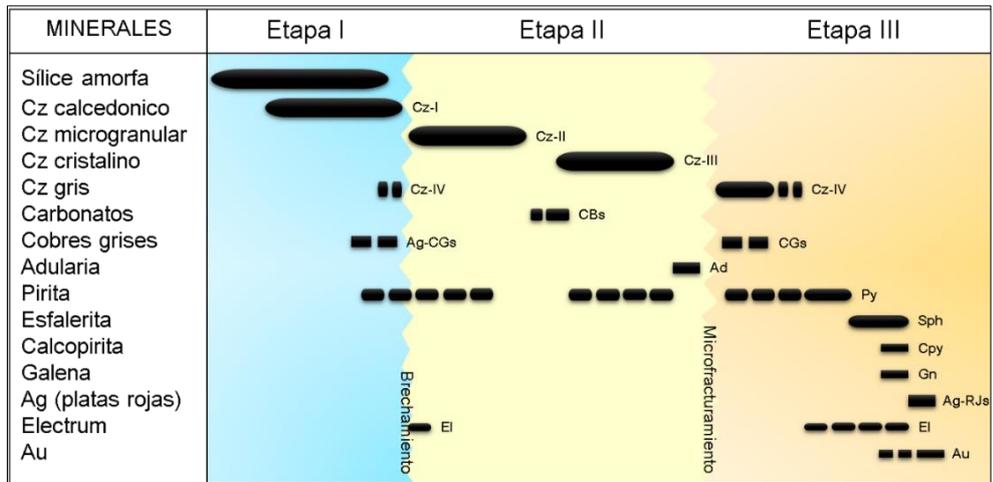
Mineralización

De otro lado, las estructuras del sistema Paola y Mirtha son medios epitermales reconocidos como un sistema de cuarzo- adularia que genera gran parte de plata y oro, metales base. Es así, que los espacios grandes son cubiertos por texturas de bandeamiento simétrico, reemplazamiento, brechas con minerales de ganga y mena.

Aquellos metales bonitos están compuestos por galena argentífera, polibasita, argentita, calcopirita, galena, electrum, pirargirita oro nativo, sulfosales de plomo y tetrahedrita. Investigaciones mineragráficos y de microscopia de barrido electrónico establecieron la presencia de freibergita, argentita, sulfosales de plomo. Se reconoce que el oro se origina de forma diseminada y esta relacionada a la esfalerita, por otro lado, el oro electrum pasa como granos anhedrales, se mi redondeados y con tamaños menores a 0.03 mm vinculado a la galena. Se toma en cuenta al oro- electrum a causa de que dicho mineral se presenta con tonalidades amarillentas, y a veces es básicamente electrum. (BISA, 2011). Esencialmente la ganga es el cuarzo (tipo diferente de hialino, gris, blanco, calcita y jaspe). Los óxidos y la mineralización se basan en hematitas, limonitas y pocos óxidos de manganeso.

Figura 2.

Secuencia Paragenética



Alteración

Se perciben 3 tipos distintos de alteración. Primero la alteración cuarzo-adularia: esta ocurre al interior de la estructura mineral que tiene una relación directa con valores monetarios. Es así, que la salificación se da en la estructura general y en la caja piso que maneja un halo prohibido. Como segundo tipo esta la alteración de argilización, la cual se ocasiona en la formación de estrechos halos de dos tipos de cajas de estructura mineral, donde sobresalió la caja techo de la Veta, así como, la estructura mineral. Dentro de esta alteración por difracción de rayos X, se establece la presencia de caolinita e illita.

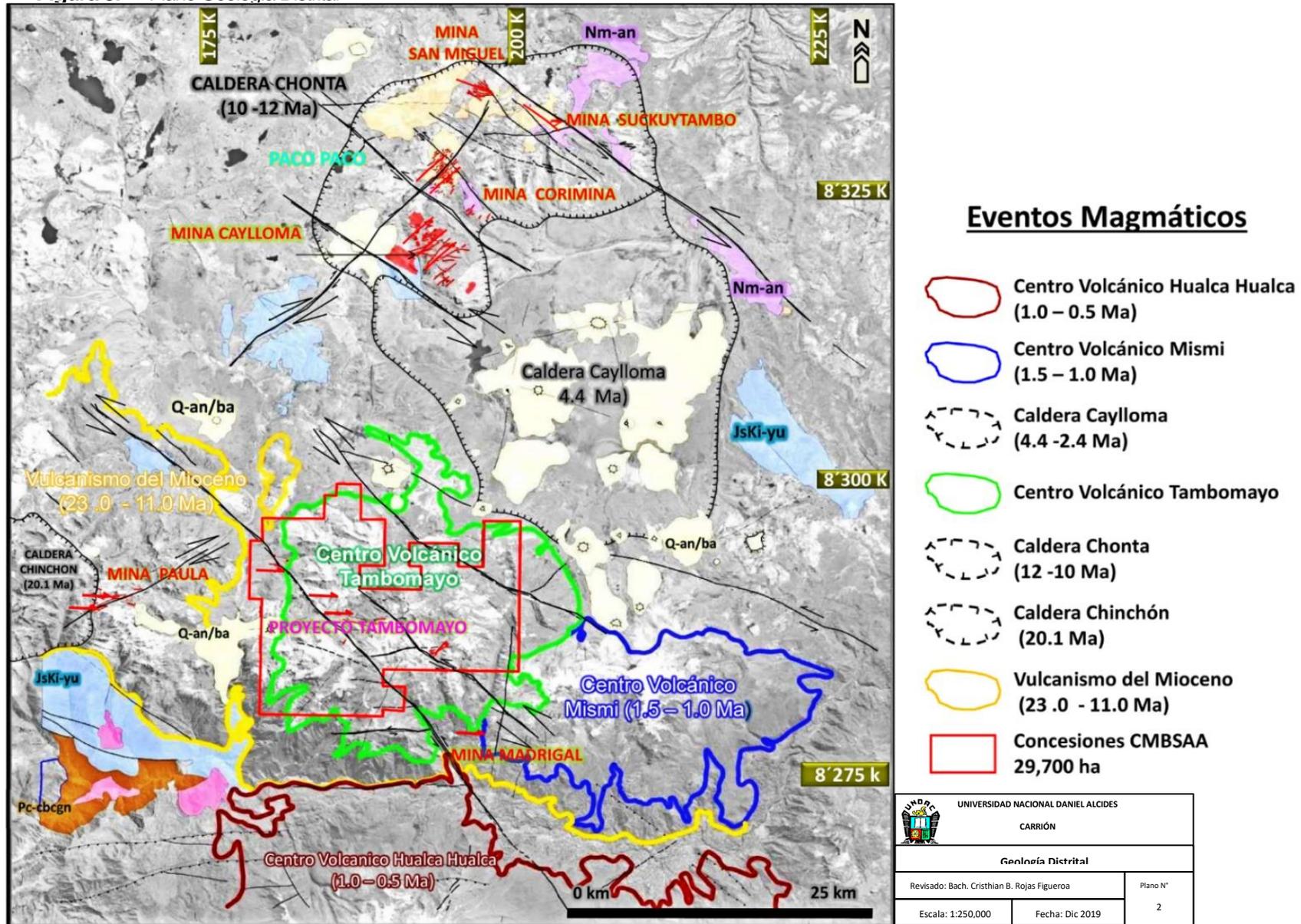
Teniendo un distanciamiento de la estructura mineral, la alteración propilitica tiene un gran desarrollo. Dentro de este tipo de alteración se incorpora una débil piritización y una ocurrencia de venillas de calcita. Los límites verticales de la mineralogía de alteración en la veta Mirtha: con predominancia de esmectita en las partes altas del sistema que gradúa a illita/esmectita y a illita cristalizada con $IC > 0.80$ (Index crystallinity SWIR) en la zona del feeder hidrotermal con incremento de k+.

Geología Distrital

Se considera que según la secuencia estratigráfica se hallan los afloramientos del Mesozoico (Grupo Yura), los cuales suelen aflorar en la dirección del Sur- Oeste de la zona, también siendo parte de los flancos de los valles Orcopampa- Andagua y Colca. Dichas unidades litológicas tienen sus comienzos desde épocas muy antiguas que están formadas por intercalaciones de secuencia de areniscas, calizas, delgados horizontes de lutitas, limonitas, cuarzosas y las arenosas.

La edad de las rocas volcánicas del terciario tiene un tiempo entre los 22.9 Ma hasta aproximadamente los 11.4 (Swanson, 1998). Sobresalen por la discordancia angular a las unidades sedimentales del tiempo del Mesozoico, las rocas mencionadas son parte del Grupo Tacaza donde se evidencia gran distribución en la zona llegando a abarcar entre los 3900 msnm – 5500 msnm. Estas manifiestan una base con series lávicas y en la parte alta con un material piroclástico de diferentes composiciones y texturas. Las rocas volcánicas del cuaternario, cuya composición es andesítica-basáltica están altamente vesiculadas, están fueron evidenciadas por el grupo Andagua. Dicho volcanismo inicial se manifiesta por diferentes conos de ceniza, escoria y lavas fragmentadas. Se tiene conocimiento que se hallan en un depósito coluvio, aluviales, donde inicialmente venían rellenando las depresiones y pies de taludes.

Figura 3. Plano Geología Distrital



Geología Local

Las generalidades de dicha definición fueron resumidas por Miranda (2012). El centro volcánico de Tambomayo se halla rodeado por diferentes puntos volcánicos que tienen una gran antigüedad como iniciación, esto son: en la dirección del Oeste la caldera de Huayta y Chinchon (20- 11 Ma). En la dirección del Noroeste se halla la caldera de Caylloma (2.5 a 4.4 Ma). En la dirección del Sureste se encuentra en punto volcánico Mismi (1.5 a 1.9 Ma) y finalmente en la dirección del Sur se halla el punto volcánico Huaca Hualca (1.0 a 0.5 Ma).

Dentro del centro volcánico Tambomayo se evidencia una extensa y compleja historia eruptiva, donde se reconoce las secuencias piroclásticas, intrusivas o efusivas que manifiestan distintos casos que guardan su composición en las dacitas y traquiandesitas. Se reconoce que si las funciones magmáticas que inicialmente fueron erosionadas en un diámetro de 14 km se le aumentan las capas imbricadas que muestran una concentración con buzamientos mayores a 30 ° se determinaría a dicho centro volcánico ubicado en Tambomayo como un volcán común que está formado por estrato de volcán (Figura N°05).

El centro volcánico de Tambomayo es considerado como un eslabón del tiempo por las edades de las calderas de Caylloma y Chinchon.

Tomando en cuenta la ubicación de las unidades volcánicas en mención al centro volcánico Tambomayo y el nivel de preservación de sus flancos del perdido cono volcánico, se reconoce que este pudo desarrollarse entre el Plioceno inferior o Mioceno Medio.

Figura 4.

Mapa Geológico Local

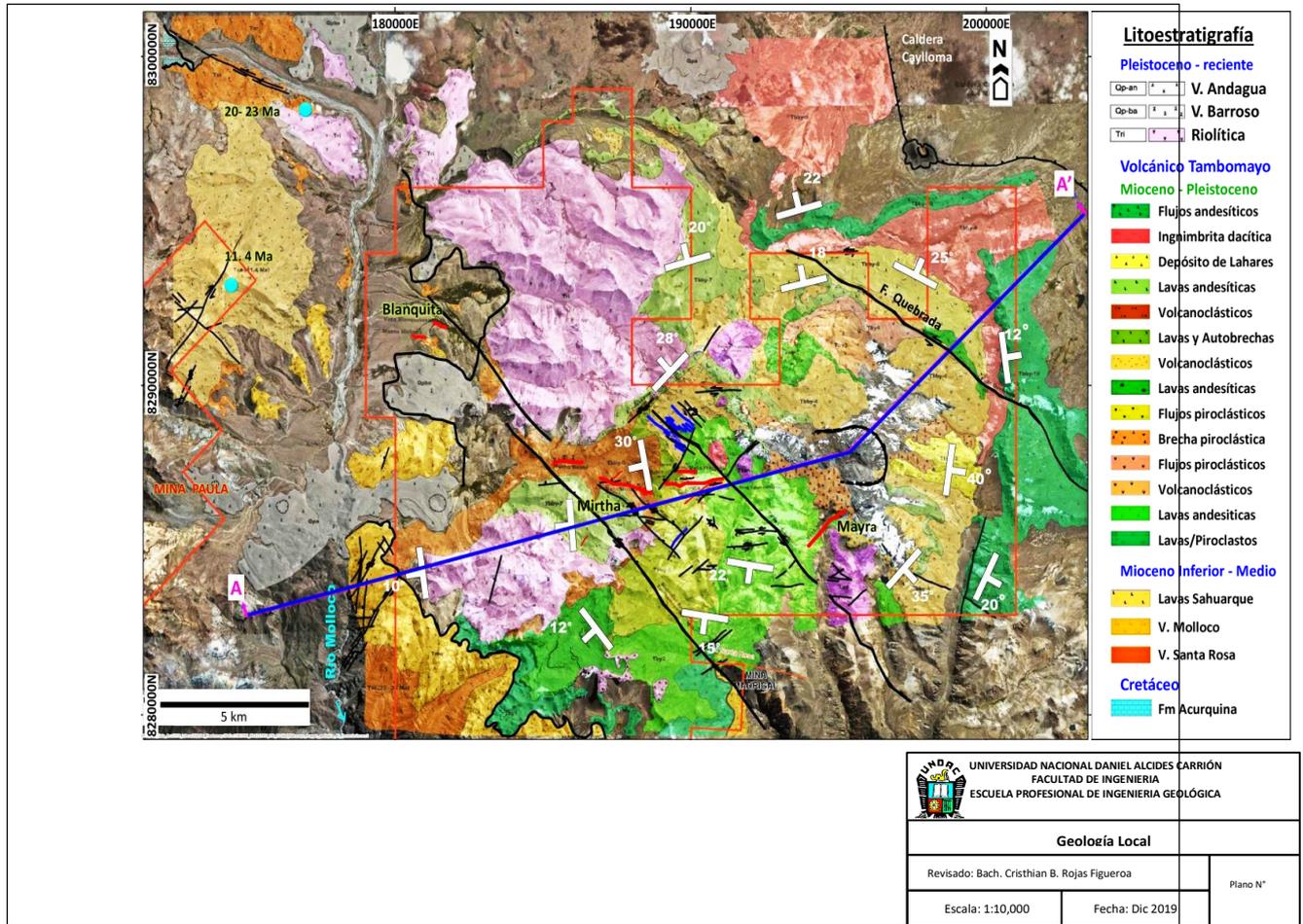
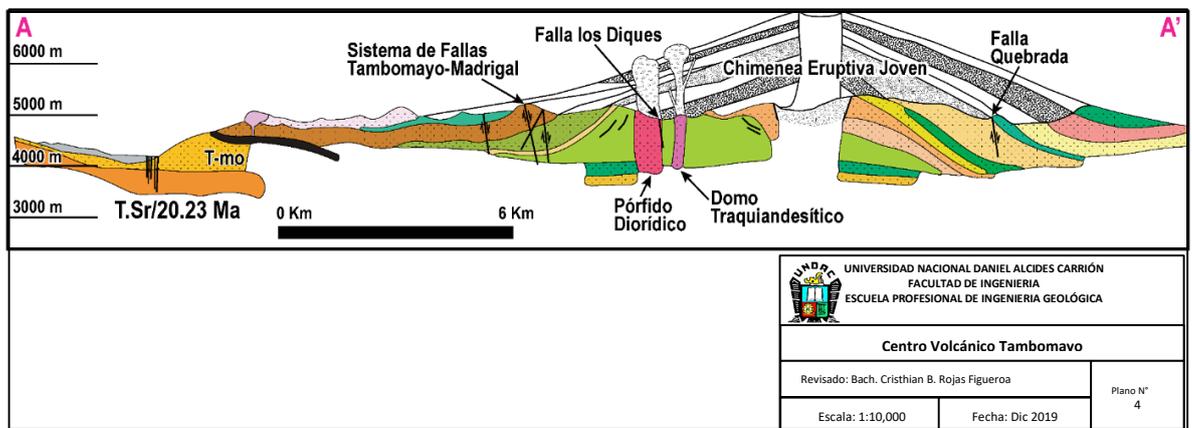


Figura 5.

Sección Transversal A-A'



Volcánico Tambomayo: (Mioceno – Plioceno Inferior)

Volcánico Tambomayo TBY1: Esta unidad de 150 m de espesor está conformado de tufos cristalolíticos, flujos de grandes bloques, lavas horblendicas y las areniscas. Los cuales se hallan descansando en discordancia erosional por la Lgnimbrita Molloco.

Volcánico Tambomayo TBY2: Dicha unidad sobresale en la extensión del cerro Parhuyane, en donde las coladas lávicas de 0.10 a 1.5 m de espesor tienen una breve inclinación de 11°- 35° en dirección al Sur. Solo por zonas este apilamiento efusivo evidencia horizontes autobrechados y grados poco regulares de brecha volcánica.

Volcánico Tambomayo TBY3: Este medio relaciona las rocas volcanoclasticas de estructura laminar con dirección tufaceos de cristales con grados prohibidos de brechas y lavas volcánicas. Suele aflorar en la base del Surihuri en la dirección del Este.

Volcánico Tambomayo TBY4: Dicha unidad está formada por Tobas soldadas cristalolítica con grados de bloques y cenizas compactadas, estos niveles manejados adecuadamente tienen presencia de líticos que se hallan en el piso y techo de la unidad. Se encuentra también la presencia de cavidades extensas sinuosas que manifiestan texturas “flamicas”. Básicamente la litología evidencia un contenido equilibrado de cuarzo, poniéndola en el campo transicional de las dacitas y andesitas.

Volcánico Tambomayo TBBY- 1: La unidad sobresale en el flanco Este y suroeste del estratovolcán que tienen una secuencia de flujos en brechas líticas alcanzando grados conglomeradicos. Se tiene conocimiento que las pendientes de capas se semejan entre los 20° y 45° llegando a formar la estructura interna del cono más joven.

Volcánico Tambomayo TBBY- 2: La unidad está formada por capas piroclásticas que son parte del piso, así como, un tufo fino o “sandstone volcanic”, donde existe una secuencia alta en fragmentos líticos y bloques de tamaños diferentes, se reconoce que en el techo los fragmentos líticos son más idénticos

Volcánico Tambomayo TBBY- 3: Esta unidad está vinculada a los desplazamientos de domos que botaron algunos horizontes de flujos lávicos con fenocristales euhedrales que fueron desarrollados adecuadamente, es así, que las plagioclasas básicamente están formados por composiciones sódicas (albita a sanidina). Se sabe que a roca tiene una estructura traquítica en una pasta microgranosa demasiado fina que está formada por microlitos alargados de plagioclasas

Volcánico Tambomayo TBBY- 4: Dicha unidad está por encima del flujo lávico TBBY- 3 con direcciones piroclásticas y efusivas, donde se presencié también a las intercalaciones delgadas de lavas andesíticas que se encuentran autobrechadas. Dentro de la quebrada de Tambomayo la unidad consigue su mayor expresión.

Volcánico Tambomayo TBBY- 5: Está formada por lavas brechas autobrechadas y volcánicas de una medida andesítica con diminutas respuestas magnéticas que no tienen mayor fuerza, principalmente la unidad se evidencia con una variación propilitica equilibrada y una argilización con partes de pirita.

Volcánico Tambomayo TBBY- 6: La unidad está representada por llegar a su máxima potencia de 400 metros de espesor que forma secuencias volcánicas de brechas volcánicas, flujos, lava, que son parte de una formación andesítica.

Volcánico Tambomayo TBBY- 7: Dicha unidad tiene una naturaleza efusiva de lavas de composición andesítica que integra los colores negro- azulino

con un grosor de porfirítica. Esta se desenvuelve en la cresta alta del cerro Tuyumina.

Volcánico Tambomayo TBBY- 8: Está compuesta por la avalancha de productos volcánicos. Su material está asociado a bloques angulosos, porciones menores de rocas fracturadas ubicado en la matriz de molienda, arena y grava mezclado de forma desordenada y sin distinción alguna. Su aparición podría estar asociado con la erupción freatomagmática que genera la alteración gravitacional de su cono. Sus depósitos se mantienen en la extensión de los cerros Potocsi y Ticllasi.

Volcánico Tambomayo TBBY- 9: Maneja depósitos de flujos piroclásticos líticos- pumiceos junto a las cenizas, esta aflora en dirección del Norestes y Norte del cono volcánico.

Volcánico Tambomayo TBBY- 10: Evidencia el vulcanismo más reciente del centro volcánico de Tambomayo, está formada por una secuencia de flujos y lahares del ande sitico que es parte de los derrames efusivos en el proceso de la fase póstuma del ciclo eruptivo.

Volcanismo Plioceno Superior – Pleistoceno

Volcánicos Kenkohuayco: Se encuentra formada por ignimbritas domos y lavas de composición riodacitas a riolitas de colores rosado y crema, hallándose en el sobre yaciendo e interviniendo a los volcánicos de Tambomayo.

Volcánicos Barroso: Este grupo se basa en la mayor parte de lavas andesíticas porfiríticas y afaníticas de un grado medio – fino con tonos grisáceos, principalmente su característica es que los vesiculos integrados por zeolitas forman drusas esferulíticas, estas muestran fenómenos de devitrificación. De acuerdo a las investigaciones de datacion radiométrica que se aplicaron por olade, INGEMMET 1980 y Guevarra & Keneoca, 1984, indicaron que las edades se hallan

entre los 4.0 y 1.0 Ma, esto debido a que sus afloramientos en el espacio se encuentran direccionados al Norte del río Collpamayo y al Este del río Molloco.

Volcánicos Andagua: Estos se emiten en la dirección del Oeste y Norte del proyecto minero Tambomayo. Se hallaron conos volcánicos intactos y colados foliadas que integraban la quebrada de Molloco. Se tiene conocimiento que los productos volcánicos monogénicos manifiestan cenizas y vidrios volcánicos que tienen una estructura lávica, vesículas afaníticas, amigdaloides. Estos estudios químicos de roca completa nos muestran unas traquiandesitas que están incorporados en los magmas intermedios según el diagrama de Peccerillo y Taylor.

Magmatismo Intrusivo

Dentro de la zona de Tambomayo se encontraron los cuerpos intrusivos siguientes:

Pórfido Diorítico: Se encuentra ubicado en el flanco dirección del Este del cerro Sahuálke. Ese instructivo fue de origen hipoabisal formado generalmente de plagioclasas por un 75%, entre ellas los cristales subhedrales a euhedrales con hábitos tabulares zonados y maclados. Se reconoce que el cuarzo primario, así como, cristales de feldepasto se hallan de manera dispersa en un 5%, esto debido a la presencia de minerales ferromagnesianos del 5% entre anfíboles y piroxenos que son sustituidos por los carbonatos y cloritas. Se nota la presencia de la epidota como agregados escamosos de un medio columnar.

Domos Andesíticos a Traquiandesíticos: Se emiten como cuerpos masivos circulares que contrastan con las cajas de pseudo estratificadas que fueron cortadas, su formación es cambiante entre una traquiandesita y andesita las cuales estaban compuestas por plagioclasas que venían con cristales de sanidina, hornblendas y biotitas. Dentro de las secciones delgadas se mostraron estructuras porfidoafaníticas con una pasta vítrea.

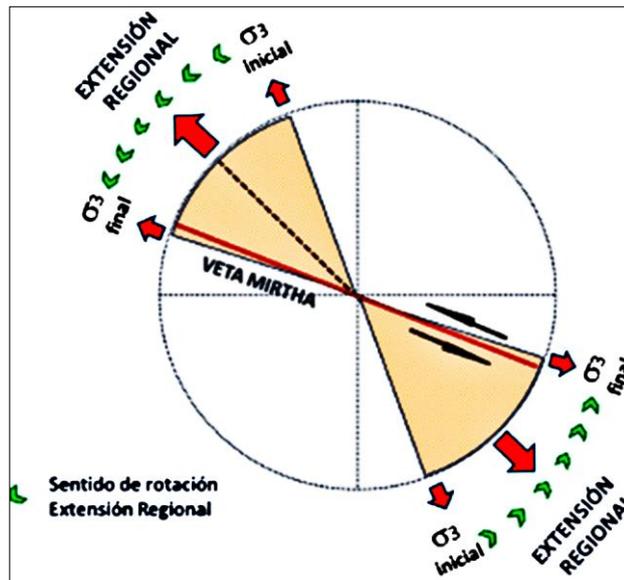
Diques Andesíticos: Tambomayo posee una quebrada donde afloran por encima del flanco Sureste de sets de diques paralelos, teniendo una orientación Oeste y Este que era similar al sistema de errores producidos por el movimiento dextral de las fallas trans andinas, lo que recomienda que los diques aprovechen la debilidad estructural. Esta roca está formada básicamente por plagioclasas, augitas, hornblendas, biotitas. Logrando evidenciar xenolitos redondeados de similar naturaleza que el dique.

Domo Riolitico Surihuiri: Estas suelen aflorar en la dirección del cerro Surihuiri, donde se halló formado geométricamente por un radial de 1km² aproximadamente, su formación es de riolítica con cristales de cuarzo, feldespato y plagioclasa de grano intermedio con un color rosado – crema. Se presenciaron capas onduladas concéntricas, bandeamiento y autobrechas de flujo sub- vertical al medio del cuerpo.

La dinámica estructural de la veta Mirtha junto con sus estructuras indican una extensión regional con un vector de sentido máximo desplazamiento, al mismo tiempo, de la mineralización en un rango de **NW/SW 30°** a **NW/SE 70°** que señala la evolución tectónica al tiempo de la mineralización.

Figura 7.

Modelo Regional de Esfuerzos



Fuente: José Antonio Martínez, abril 2015

Se hace referencia a que la mineralización temprana rica en Ag- Pb Zn- Au se generan cuando el elpsoide de deformación se encuentra puesto en el NE/SO 45° donde la mineralización de la fase alta en Au- Ag- Pb- Zn sucede en el momento de la ubicación del elpsoide de deformación, el cual se encontraba en sentido NE/SO 70°. La presencia de la hematita hipógena, baritina, calcedónica sílice e hipógena caolinita y el mineral, evidencian la evolución del sistema Epitermal multifásico y desarrollado. Lo que el Sistema Regional de esfuerzo indico, fue que la mineralización genero una estructura lineal N 70° O (Veta Mirtha) el cual se prende en cizallamiento simple con inclinaciones hacia la izquierda que ocasionan un problema de tipo oblicuo normal, bajo un medio tectónico en transtensión en los niveles iniciales que desarrollaron progresivamente sin equivocaciones de fallas transcurrentes (wrench) hacia las fases calmosas.

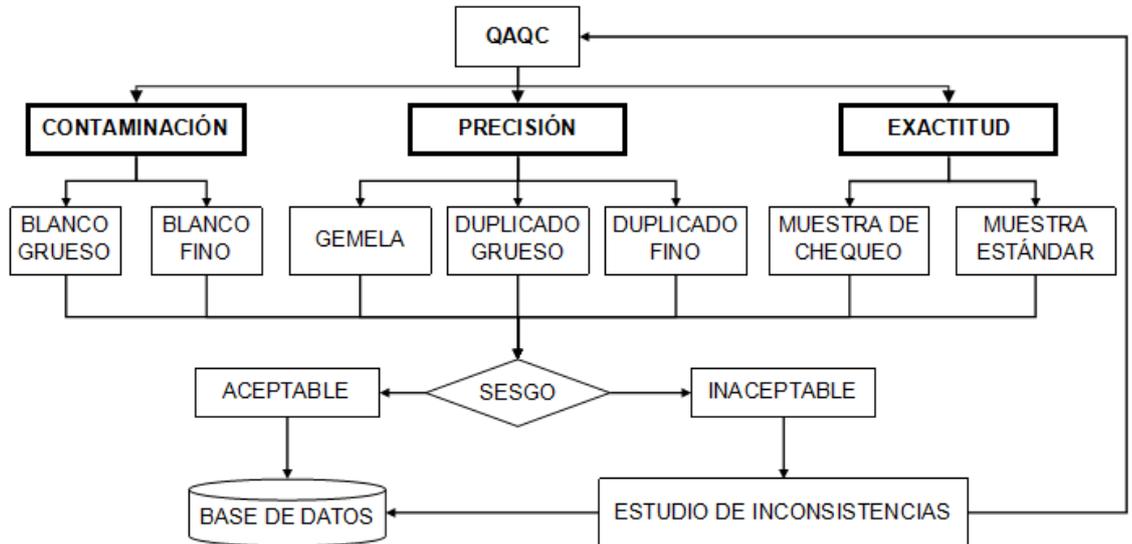
Se reconoce que la veta Mirtha se evidencia como un error planar oblicua de nivel alto con inclinaciones laterales normales hacia el lado izquierdo, se presencia también una orientación principal N ° 70 W que debe ser tomada como una cizalla simple (simple shear) es así, que esta se encuentra en un corredor estructural angosto sub paralelo de deformación coaxial que desarrolla diferentes juegos de fractura intra- cizalla.

2.2.2 QA-QC Aseguramiento y control de calidad

Se denomina al conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación alcance un grado aceptable de calidad (Simón, 2016), la cuales sirven para monitorear, identificar errores y realizar acciones correctivas durante el muestreo y análisis químico (Buenaventura, 2017), estas técnicas consisten en la “inserción sistemática de muestras de control en los lotes enviados al laboratorio primario” (Simón, 2016), considerando importante hacer monitoreo continuo y realizar los análisis correspondientes para identificar y corregir las inconsistencias oportunamente.

Figura 8.

Diagrama de Procesos QA-QC



2.2.3 Aseguramiento de Calidad

Conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación alcance un grado aceptable de calidad.

AC Prevención

➤ **Errores en el proceso de Muestreo Geológico**

Error Aleatorio: también denominado error accidental, es aquel error inevitable que se produce por eventos únicos durante el proceso de muestreo (Paski, 2006).

Error Sistemático: Es aquel que se produce de igual modo en todas las mediciones que se realizan en el proceso de muestreo; puede estar relacionado al método de recolección de la muestra, un defecto de origen, diseños inadecuados de los instrumentos o equipos utilizados, el método de análisis; también a la actividad o particularidades del personal (Paski, 2006).

Para estudiar los errores tanto sistemáticos como aleatorios es importante clasificarlos usando la teoría de muestreo basada en los principios de Pierre Gy, el cual provee una manera secuencial para hacer el seguimiento, y evaluar las fuentes de error para poder minimizar su efecto en el proceso de muestreo (Collipal, 2013).

Los errores más importantes en el proceso de muestreo se producen en la toma o recolección, durante la preparación o conminución y en el análisis de las muestras. También se adicionan errores por fallas humanas, los cuales pueden ser; cruces de muestras, malas prácticas en la recolección, preparación y análisis de las muestras, en algunos casos se adiciona errores intencionales como el fraude y sabotaje (Canchaya, 2018).

Para identificar y estudiar los errores, se han establecido algunos controles como realizar duplicados, pasar blancos, insertar estándares entre otros (Collipal, 2013)

➤ ***Errores en la recolección de muestra***

Se trata de los errores relacionados a las características propias del mineral y la toma de la muestra o muestreo.

- *Heterogeneidad*; Esta referido a las variaciones de constitución como forma, tamaño, densidad, composición mineralógica, química y otras propiedades físicas y la distribución de los componentes del lote o población. La Heterogeneidad es fuente principal del error fundamental y de la segregación.
- *Error fundamental del muestreo*; se denomina así al error propio de la constitución de la muestra, es decir la propiedad intrínseca del material. Por lo tanto este error no se puede eliminar o disminuir; el mezclado u homogenizado no reduce este error; sin embargo para un estado dado

de conminución y determinado peso de la muestra, el error fundamental del muestreo es el menor posible. En pequeña escala, la heterogeneidad de constitución de la muestra es la responsable del error fundamental.

- *Error de agrupamiento y segregación*; este error es una consecuencia de la distribución heterogénea del material, por lo tanto este error representa un complemento al error fundamental del muestreo; es de carácter adicional, debido a que en la práctica las muestras no se colectan tomando un fragmento a la vez, si no que se constituyen de varios incrementos. Este error puede controlarse, optimizando el peso de la muestra, es decir aumentando el número de incrementos por muestra.
- *Error del incremento del peso*; se produce debido que, al recolectar la muestra no todos los incrementos tienen el mismo peso, es decir es un error de la constitución de la muestra.
- *Error de delimitación del incremento*; Este error se produce, cuando no todos los componentes del material en el lote tienen la misma probabilidad de ser elegido para formar la muestra (Pitard, 2019); una situación común se produce en el muestreo de mineral quebrado, cuando solo se coge material de la parte superior de la pila, es decir que la parte inferior de la pila no está representada en la muestra; esto genera sesgo en el muestreo debido a un error de delimitación.
- *Error de extracción del incremento*; Es el error en la recuperación de la muestra, está muy ligado al centro de gravedad del incremento; son causados por sistemas de muestreo selectivos.

Cuando no se cumplen los procedimientos en la recolección de muestras se adicionan errores de naturaleza aleatoria que se deben evitar. Estos pueden ser contaminación, deficiente limpieza del área, recolectar incrementos

seleccionando preferentemente los materiales más suaves. Por ello la supervisión continua en los frentes de trabajo, es de suma importancia.

➤ ***Errores en la preparación***

La preparación de muestras es el proceso previo al análisis químico de estas; es prácticamente imposible secar, chancar, homogenizar, cuartear y pulverizar sin introducir algún error durante la preparación de la muestra.

En general los errores de preparación tienen que ver con la integridad de la muestra y considera los siguientes errores:

- Error por contaminación; debido al polvo en el ambiente, material presente en el circuito de muestreo, abrasión de anillos de oro de los técnicos encargados de manipular las muestras, corrosión de los equipos.
- Error por pérdida de peso; este tipo de error se produce por pérdida de material, como polvo que queda en el equipo de preparación como bandejas, chancadoras, ollas de pulverizado, también por la pérdida accidental de una porción de la muestra.
- Error por alteración; de composición química, mineralógica y física.

Existen errores en la Preparación de Muestras que están relacionados al diseño, construcción, operación y mantenimiento de la Sala de Preparación de Muestras.

➤ ***Errores en el análisis***

Corresponde a los errores que se producen en el laboratorio de análisis; con el avance tecnológico la estandarización y la precisión de los equipos han mejorado sustancialmente, sin embargo, aún está la intervención humana dentro del proceso.

La gran cantidad de análisis en minería están referidos a ensayos para la determinación de la ley del mineral; el método más difundido es el de digestión por agua regia y la lectura con Absorción Atómica. Sin embargo, hay que prestar atención a los posibles errores, aunque se encuentren controlados, se pueden dar en el análisis tales como:

- Cruce de muestras
- Calibración de equipo
- Contaminación
- Digestión incompleta

Para ello se han establecido controles como; realizar duplicados, pasar blancos, estándares.

2.2.4 Control de Calidad

Técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado (Simón, 2016) cuyo objetivo es monitorear los posibles errores mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras, o la realización de operaciones de control, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctoras. El análisis del control de calidad se realiza en base a resultados de ensayos químicos; los que se plasman en diagramas de dispersión.

QC  Prevención

➤ **Precisión, Exactitud, y Contaminación**

Precisión; Es la habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares. En términos estadísticos, la precisión está relacionada con la varianza de error y/o error relativo, que nos sirve de base para

indicar a la precisión como una magnitud cuantitativa. En la práctica la precisión se mide con los duplicados, así tenemos que:

- En la recolección de la muestra se evalúa con la muestra Gemela.
- En la preparación se evalúa con los duplicados gruesos;
- En el análisis se hace a través de duplicados finos o de pulpa.

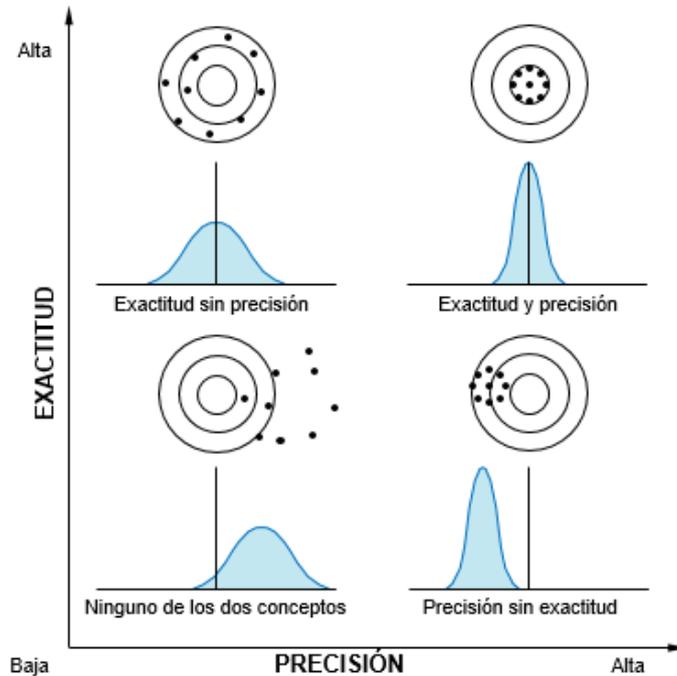
Otra manera de evaluar la precisión es mediante el re-análisis de los materiales recolectados de las muestras de rechazo grueso. La diferencia con los duplicados “originales” es que el análisis se realiza en otro lote y es de práctica común para validar información cuando se ha tenido un error relativo alto.

Exactitud; Es la proximidad en promedio de una medición a un valor real o aceptado como valor “verdadero”. En términos estadísticos, la exactitud se relaciona con la media, la cual debe de ser in-sesgada, es decir sin desviación sistemática. La exactitud se mide con los estándares, de esta manera se puede monitorear el comportamiento del laboratorio de análisis. Para ello se hace uso de estándares para cada elemento de interés en un proyecto u operación minera. Otro modo de evaluar la exactitud es a través de muestras de chequeo que son las muestras tomadas de las pulpas para hacer un re-análisis en un laboratorio externo.

Para explicar los términos de exactitud y precisión se suele usar una analogía referida a los blancos de disparo, ver figura 09.

Figura 9.

Exactitud versus precisión



➤ **Sesgo**

Son las desviaciones o inconsistencias que se suscitan durante el muestreo la preparación y análisis de la muestra; por ejemplo, en el muestreo la alteración superficial del afloramiento va adicionar inconsistencias en la recolección de la muestra, por ello se recomienda limpiar la superficie con el cincel; también se presenta sesgo por contaminación, por mala recuperación y por fallas humanas.

➤ **Contaminación**

Es la transferencia de material de un medio circundante a la muestra; esto puede ocurrir en todo el proceso de muestreo, es posible que cierta porción de un material sólido o en solución quede retenida accidentalmente en un equipo o

herramienta de muestreo, por consiguiente, contamine la muestra que se quiere obtener. La contaminación se estudia a través de los blancos. Se considera que se ha producido un nivel significativo de contaminación de un elemento, cuando los resulta

➤ ***Muestras de control***

En el proceso de muestreo; es necesario insertar controles que permitan analizar el grado de exactitud, contaminación y precisión de los resultados que se van a utilizar en la estimación de recursos de un yacimiento mineral (Buenaventura, 2017).

Se define muestras de control a la inserción de materiales de referencia o estándares, muestras de chequeo, duplicados o blancos.

Para evaluar el grado de exactitud de un lote se deben insertar: materiales de referencia o estándares y muestras de chequeo para el laboratorio interno o de la operación.

La precisión es evaluada en función de los resultados de los duplicados insertados en el proceso de muestreo y preparación.

Los blancos ayudan a monitorear la contaminación durante la preparación y análisis de la muestra.

Una descripción de cada una de estas muestras de control de QAQC se presenta a continuación:

➤ ***Duplicados***

Se refiere al material que debe replicar valores (leyes) similares al original del (los) elemento(s) analizado(s); por lo general se deben obtener en la toma de la muestra, en la preparación y en el análisis.

Miden el grado de precisión en la toma y preparación de la muestra. Se tienen los siguientes tipos de duplicados:

- Duplicado campo – muestra gemela. Como se ha visto, una población tiene una serie de propiedades, las que se deben de considerar para elegir un método adecuado de muestreo. No podemos lidiar con la heterogeneidad de constitución, pero podemos reducir la heterogeneidad estructural y minimizar los errores de agrupamiento y segregación. El método usual para evaluar el error en el muestreo es realizando muestras gemelas; los que se deben de tomar en las mismas condiciones que se recolectó la muestra original. Con supervisión adecuada, para minimizar los errores aleatorios asociados al personal durante la recolección de la muestra.
- Gemela de muestra de canal. Llamada también “twin sample”; se trata de una segunda muestra, tomada en el mismo lugar donde se ha tomado la muestra primaria; utilizando el mismo método de muestreo. La muestra gemela se puede tomar profundizando el canal o haciendo otro paralelo contiguo al original.

Figura 10.

Extracción de muestra gemela de canal.



Nótese el duplicado tomado en la parte superior utilizando el mismo equipo cortador

- Gemela de muestra de perforación diamantina. Para los diámetros de perforación HQ y NQ la recolección de la muestra gemela se realiza tomando la mitad restante. En el caso de las perforaciones BQ, no es posible tomar una muestra duplicada; debido a condiciones mínimas de representación, se analizará el 100% del testigo. Por ello se tiene que evitar perforaciones de este diámetro, en la medida que limita la calidad de la información en los temas de representatividad y control de calidad de la muestra.

Figura 11.

Extracción de muestra gemela de perforación diamantina.

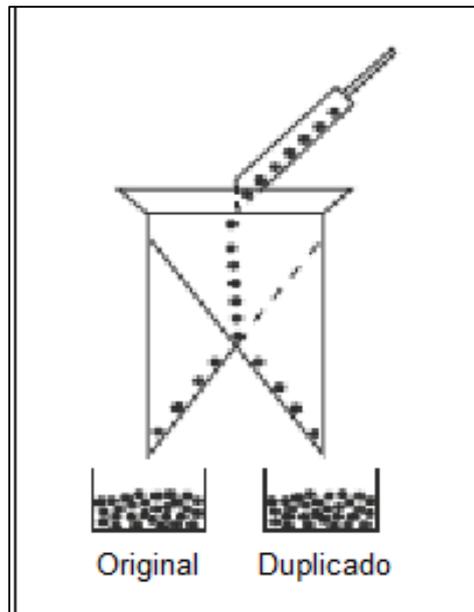


- Duplicado grueso. Son muestras de control de material en la fracción de 2.0 mm (P90 #10). El duplicado grueso se genera recolectando la muestra en la primera fase del proceso de división de la muestra, el cual se realiza después del chancado. El duplicado grueso permite analizar la precisión de las primeras etapas de la preparación como el chancado, homogenizado y cuarteo; también podría indicar el grado de heterogeneidad del depósito en esta fracción de tamaño. Cuando la ley disminuye y se acerca al límite de detección, la precisión empeora de

forma exponencial, por lo cual es importante tomar duplicados de muestras de mena preferentemente.

Figura 12.

Duplicado grueso.



Nota: El original y duplicado debe de tener la misma distribución y peso

- Duplicado fino. Se trata de una muestra de material en fracción de 105 μ (P95-140#); el duplicado fino se genera al dividir la muestra en el pulverizado. Esta muestra de control permite medir el grado de precisión del laboratorio de análisis. Son transferido con distinta numeración al laboratorio para su diagnóstico y evaluación en el mismo lote que las muestras originales.

➤ **Estándares**

Se usa para medir el grado de exactitud en el análisis del laboratorio químico. Se debe usar estándares de leyes altas, medias y bajas relacionadas a cada tipo de yacimiento.

Es recomendable usar estándares de condiciones similares al material que será evaluado en el yacimiento. Si no es posible conseguir un estándar comercial adecuado, puede ser necesario crear Materiales de Referencia Estándar que en términos de composición, leyes y matriz correspondan a la mineralización relacionada a un proyecto o yacimiento.

Se debe de considerar una serie de estándares con valores que caracterizan al depósito mineral, en sus valores bajos, medios y altos; así como sus diferentes presentaciones en el depósito como óxidos o sulfuros.

Los valores del estándar deben de considerar la relación mostrada:

Tabla 1. Extracción de muestra gemela de perforación diamantina.

ESTÁNDAR	VALOR DEL ESTÁNDAR
Bajo	Cut-off del yacimiento
Medio	Promedio de ley del yacimiento
Alto	Dominios de alta ley

Los estándares se deben insertar de forma anónima antes de que las muestras se envíen al laboratorio de análisis químico y así perder su identidad en el flujo analítico.

➤ **Blancos**

El material que conforman los blancos se debe de recolectar de un área desprovista de cualquier tipo de mineralización relacionada con el depósito en análisis, como canteras de roca fresca o el uso de material de cuarzo barren. La determinación del blanco se debe realizar mediante un muestreo sistemático del material y sus respectivos análisis químicos en un laboratorio externo Hay que tomar en cuenta que también rocas frescas pueden tener concentraciones de metales bases hasta de 80ppm. También se puede recolectar blancos de los

taladros que se perforan y no se analizan y que previo ensaye químico; se decide desechar.

Otro modo de obtener los blancos es comprando este material de las empresas de agregados; a este material se le debe realizar el muestreo y análisis correspondiente. En el proceso de QA-QC se tienen considerados a dos tipos de blancos:

Blanco grueso. Es una muestra de control de granulometría gruesa (>1/4') que carece del elemento(s) de interés cuya contaminación con las muestras de mineral se desea evaluar. El blanco grueso permite medir el grado de contaminación que podría adicionarse al lote o conjunto de muestras en el proceso de chancado.

Blanco fino. Es una muestra de control conformada de materiales pulverizados carentes de elementos cuya contaminación debe ser evaluada. Los blancos finos se pueden obtener de pulverizar los blancos gruesos, también se puede comprar arena de cuarzo certificada al cual se le pulveriza; en ambos casos se les realiza un análisis sistemático. La inserción de blancos finos permite medir el grado de contaminación en el análisis de la muestra.

➤ ***Muestras de chequeo (Check Assays)***

Se denomina muestra de chequeo a las muestras que se toman en un tiempo diferente al que se procesa y analiza el lote.

Muestras de Chequeo de Rechazo; son muestra que por lo general se toman para evaluar incongruencias obtenidas con el duplicado grueso y se usa en la investigación del valor real de la muestra, algunas veces se usa para otros métodos de análisis como el de retalla.

Muestras de Chequeo de Pulpas; estas muestras se toman para evaluar las discrepancias obtenidas con los duplicados finos; cuando los resultados de la muestra.

2.2.5 Inserción de controles

La inserción de controles determina cuantitativamente la performance del muestreo, preparación y análisis. Los diferentes controles deben ser insertados en forma aleatoria para que cumpla su función. La inserción se realiza de manera aleatoria con la información proporcionada por el responsable de QA-QC, como la ubicación de las muestras; que permitirá la pérdida de identidad de esta y cumpla el propósito para el cual fue creado como parte del QA-QC. “La cantidad de las muestras de control en un lote o un conjunto de muestras deben ser tales que permitan validar los resultados de ensayos que se van a utilizar en la estimación” (Simón, 2016) En la Unidad Minera Tambomayo tendrán, entre 18% y 20% de material de control de QA-QC distribuidos de acuerdo con el cuadro siguiente:

Tabla 2. Tabla de porcentaje de inserción de muestras de control.

TIPO DE MUESTRA	PORCENTAJE	RESPONSABLE	¿QUÉ MIDE?	LUGAR DE INSERCIÓN DEL CONTROL	¿QUÉ EVALUA?
Gemelas	1.5-2%	Geólogo	Precisión	Sitio de muestreo	Control en la toma de la muestra
Duplicados Gruesos (Rechazos)	1.5-2%	Lab / Muestrero	Precisión	Cuarteo	Control en la preparación
Duplicados fino (Pulpas)	1.5-2%	Lab / Muestrero	Precisión	Pulverizado	Control en el análisis
Blancos Gruesos	1.5-2%	Lab / Muestrero	Contaminación	Envío al laboratorio primario	Control en la preparación
Blancos Finos	1.5-2%	Lab / Muestrero	Contaminación	Envío al laboratorio primario	Control en el análisis
Estándar Bajo	1.5-2%	Lab / Muestrero	Exactitud	Envío al laboratorio primario	Control en el análisis
Estándar Medio	1.5-2%	Lab / Muestrero	Exactitud	Envío al laboratorio primario	Control en el análisis
Estándar Alto	1.5-2%	Lab / Muestrero	Exactitud	Envío al laboratorio primario	Control en el análisis
Check Sample (Duplicados Externos)	1.5-2%	QAQC Encargado	Exactitud	Envío Laboratorio externo	Control en el análisis

2.2.6 Estimación de recursos minerales

Recurso Mineral, es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencia y conocimientos específicos geológicos (JORC, 2012). Los Recursos Minerales se subdividen, en orden de confianza geológica ascendente, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos. La estimación de recursos puede ser comparada con un “castillo de naipes”, cuyos cimientos son el muestreo y la observación geológica, el primer piso la preparación de muestras y clasificación geológica, el segundo piso el análisis químico y la interpretación geológica, y el último piso la geoestática y el modelo de recursos.

2.2.7 Código de JORC

El Código australiano para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena establece estándares mínimos, recomendaciones y normas para la Información Pública de resultados de exploraciones, Recursos Minerales y Reservas de Mena en Australia (JORC, 2012). Los principales principios que rigen la operación y aplicación del Código JORC son, transparencia, relevancia y competencia. El Código hace referencia a un Informe Público sobre resultados de exploración, Recursos Minerales, preparado con el objeto de informar a los inversionistas o inversionistas potenciales y a sus asesores. Esto incluye un informe o información preparada para satisfacer los requisitos reguladores y esto debe hacerse anualmente. Los Informes Públicos de resultados de exploración de los Recursos Minerales deben contener suficiente información para permitir un juicio considerado y equilibrado sobre el significado de los resultados. Esto debe

incluir información relevante como ser intervalos de muestreo y métodos, ubicación de muestras, datos de ensayos, análisis de laboratorio y control de calidad. (JORC, 2012)

2.2.8 Lista de verificación de Criterios de Evaluación e Información del Código JORC

Consiste de una lista de verificación y normas que deben usar como referencia aquellas personas que están preparando informes sobre resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena. La lista de verificación no es obligatoria y como siempre, la relevancia y materialidad son principios dominantes que determinan cual es la información que debe entregarse públicamente. Por lo tanto, es importante informar sobre asuntos que puedan afectar en forma importante la comprensión o interpretación de un lector sobre los resultados o estimaciones que se están reportando. Esto es particularmente importante donde los datos inadecuados o inciertos afectan la confiabilidad de o confianza en una declaración de resultados de exploración o de una estimación de Recursos Minerales y/o Reservas de Mena.

2.3 Definición de Términos básicos

- Base de Datos: Se denomina así al conjunto de datos geológicos que son almacenados sistemáticamente por medio de un software para su posterior uso.
- Blanco: Material estéril o desprovisto de elementos de interés el cual permite medir el grado de contaminación en el proceso de muestreo.
- Check list: es un documento el cual proporciona una lista de comprobación.
- Contaminación: Es la transferencia de material de un medio circundante a la muestra.

- Duplicado: Es la muestra de control que replica valores similares a la muestra original.
- Exactitud: Es la cercanía del valor experimental obtenido, con el valor exacto de dicha medida.
- Error: Diferencia entre el valor obtenido y el valor real debido a agentes externos en el proceso de muestreo.
- LDP: Límite práctico de detección, es un valor numérico utilizado para construir las curvas hiperbólicas que permiten realizar la interpretación de los duplicados, se obtiene utilizando la base de datos de los duplicados finos en un año.
- MRE: Son materiales de referencia certificados utilizados como patrones para comprobar la exactitud del laboratorio primario.
- Muestras de Chequeo (Check Assays): Se denomina así a las muestras de comprobación tomadas en tiempos diferentes al que se procesa y analiza el lote.
- Muestras de Control: Se denomina así a las muestras insertadas en un lote, las cuales permiten analizar la calidad del proceso de muestreo.
- Muestra Gemela: llamada también "twin sample"; es una muestra tomada en el mismo lugar y bajo las mismas condiciones en las que se recolectó la muestra primaria.
- Muestra Original: Es la muestra obtenida de la actividad minera, que no es una muestra de control; puede ser una muestra de canal, de core, detrito.
- Par Fallido: Referido al par de muestras original y duplicado cuya discrepancia es mayor al límite de tolerancia establecido.
- Precisión: Es la habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares.

- Proceso de Muestreo: Conjunto de actividades que se realiza desde la recolección, preparación y análisis de las muestras.
- Protocolo: Es un instrumento detallado que describe la secuencia o pasos necesarios para realizar una actividad.
- Pulpa: Material fino obtenido de la pulverización de la muestra.
- QAQC: Son siglas que provienen de los términos en inglés “Quality Assurance y Quality Control”, que significan aseguramiento y control de la calidad.
- Sesgo: Son las desviaciones o inconsistencias entre el “valor real” y el obtenido; que se suscitan durante el muestreo la preparación y análisis de la muestra.

2.4 Formulación de Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Si se aplica un sistema de Control de Calidad QA-QC al proceso de Muestreo Geológico, se tendrá influencia a la reducción del error relativo, sesgo y tasa de contaminación a un rango aceptable menor del 5%, entonces se validará la Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019.

2.4.2 Hipótesis Específicas

La aplicación de un Sistema de Control de Calidad QA-QC se relaciona de manera directa con la validación de la estimación de los recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019.

Si se minimiza los errores en el proceso de Muestreo Geológico el efecto será la mayor confiabilidad en la validación de la Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2020.

2.5 Identificación de Variables

- Variables Independiente : Sistema de Control de calidad QA/QC
- Variables Dependiente : Validación de recursos en la Mina
- Variable Interviniente : Aplicación de las normas de control de criterios de Evaluación e Información del Código JORC 2012

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFICIÓN CONEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente: Sistema de Control de calidad QA-QC	Conjunto de acciones sistemáticas y preventivas para asegurar la calidad y confianza en el muestreo y análisis	Revisión y análisis de % de muestras de control insertadas en el proceso de muestreo geológico	Inserción de muestras "Duplicados"	% de inserción muestras de control	Entre 1.5% - 2 % de inserción de muestras de control "Aceptable"
			Inserción de muestras "Estándares"	% de inserción muestras de control	
			Inserción de muestras "Blancos"	% de inserción muestras de control	
Dependiente: Validación de recursos en la Mina	Es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza	Revisión y análisis del % error de pares fallidos en el proceso de muestreo.	Calidad en la Exactitud	% de pares fallidos	Menor al 5% de pares fallidos "Aceptable"
			Calidad de la Precisión	% de pares fallidos	
			Calidad de la Contaminación	% de pares fallidos	
Intervinientes: Aplicación de las normas de control de criterios de Evaluación e Información del Código JORC 2012	Regula la manera en que la persona competente estima los recursos Minerales	Será medido a través de una lista de control según los criterios de evaluación del Código JORC	Calidad de cumplimiento de los procedimientos de estimación de recursos	Lista de control de criterios de evaluación según el Código JORC	Más del 90% de la lista de control de criterios "Aceptable"

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICA DE INVESTIGACION

3.1 Tipo de Investigación

La investigación es de tipo cuantitativo a través del método descriptivo-correlacional (Hernández, 2018), ya que se pretende medir y recoger información de manera conjunta de los resultados del proceso de muestreo geológico y analizar la relación que existe entre la aplicación de un sistema de control de calidad QA-QC y la validación de la estimación de recursos en la mina Tambomayo.

3.2 Nivel de investigación

Según el alcance del objetivo general y objetivos específicos se define para el presente proyecto un nivel de investigación Descriptiva-Correlacional.

3.3 Métodos de la Investigación

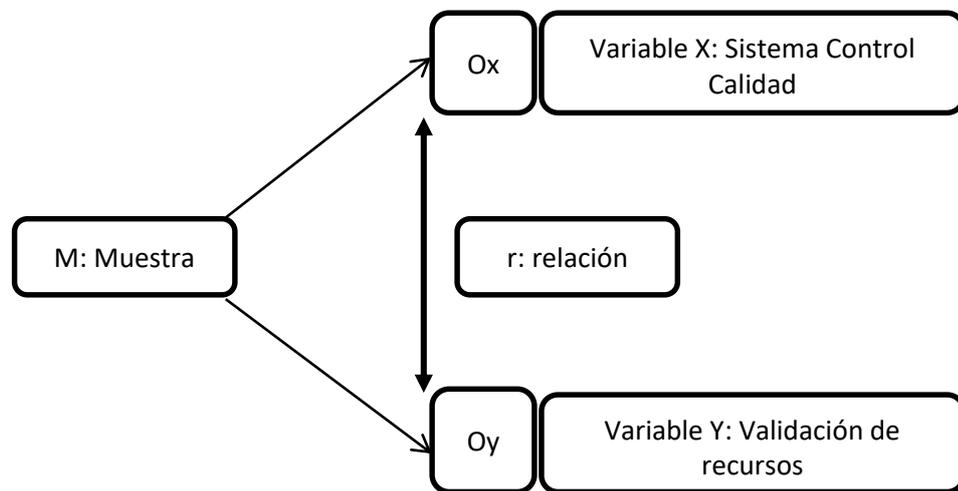
El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, “descriptivo-correlacionar, ya que es secuencial y probatorio” (Hernández, 2018). Para este enfoque sigue rigurosamente el proceso y, de acuerdo con ciertas reglas lógicas

y el análisis cuantitativo se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría).

3.4 Diseño de la Investigación

Se plantea como diseño según el grado de uso de variables se utilizó un diseño No Experimental, Transversal, Descriptivo-Correlacional, ya que nuestro estudio se basa en la descripción y análisis de los pares fallidos y no se manipulará la muestra (Hernández, 2018).

En el siguiente esquema se puede apreciar el diagrama del diseño de investigación asumido:



3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población empleada para este trabajo de investigación tiene como referente todas las estructuras mineralizadas dentro de la mina Tambomayo, considerando la Concesión Chaquelle-29 como área poblacional.

3.5.2 Muestra

Referente que ya tenemos el área Población ahora consideramos para el muestreo las principales estructuras mineralizada Veta Mirtha y Veta Paola, sumando en total suman 21,629 muestras colectadas y analizadas por el laboratorio químico solo para Au y Ag, los cuales 32,467 muestras son de sondajes de perforación diamantina y 241 muestras de canales mineros.

Parámetros de la muestra:

Tipo	Ubicación	Muestra Control	SAMPLE ID	Au ppm	Ag ppm
Canales	Cx300-Nv4840	Primario	TMSD0052762	9.80	159.04
Sondajes	DDH-2019-084	Primario	TMSD0052625	12.20	208.38

3.6 Técnicas e Instrumentos de la recopilación de datos

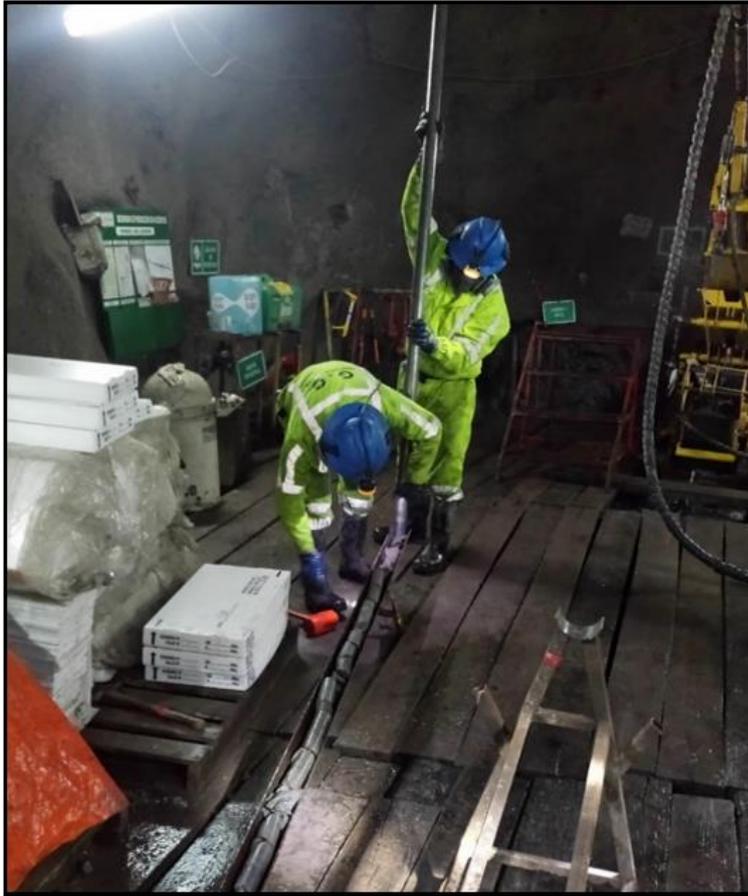
La técnica que vamos a aplicar es recolección, monitoreo y el análisis de datos de las muestras enviadas a laboratorio.

3.6.1. Muestreo de sondajes diamantinos.

El inicio de la recolección de muestras en sondajes inicia en la perforación sondajes. La perforación diamantina se realiza casi exclusivamente desde interior mina, las cámaras acondicionadas son ubicadas en zonas que permitan realizar una serie de perforaciones en abanico, siempre intentando conseguir un ángulo mayor a 45° con la estructura mineralizada.

Figura 13.

Obtención de core



Nota: Muestra cómo se obtiene el core desde el tubo de perforación y como este es colocado en un recipiente metálico (medio tubo) antes de su disposición final en la caja correspondiente.

Después de completar la ejecución de los sondajes se marca el código de la perforación como un hito que simbolice el punto del collar. La Figura 12 muestra las cajas donde se almacenarán los cores para ser enviados al área de logueo.

Figura 14.

Extracción del tramo de perforado desde el tubo.



El muestreo de sondajes diamantina, será marcado por los geólogos de la zona, teniendo en consideración un intervalo mínimo de 0.30m y la longitud máxima de muestra es de 1.00 m, tomando en consideración que las perforaciones HQ se tomará la mitad el núcleo y para perforaciones NQ se tomara el testigo completo sin cortar, no se consideran perforaciones en BQ ya que el tamaño del núcleo no es representativo para los análisis de Au y Ag, obteniendo como peso mínimo 3Kg, los cuales no deben ser cuarteados.

La etapas del muestreo de sondajes se considera lo siguiente:

- Cada tramo del core es marcado a través del uso de pequeños hitos de madera.
- La recuperación es medida en cada tramo
- Una tarjeta de muestreo es completada por cada muestra. Las tarjetas de muestreos y poseen dos partes, una de ellas es usada al momento de realizar el envío al laboratorio. El otro segmento queda en la caja del core.

- A cada muestra se le asigna un único valor de la muestra que permite identificarla a través de todo el proceso de muestreo, ensaye y para procesos de validación (en el caso de duplicados)
- Se guarda un registro fotográfico de cada tramo del sondaje
- La toma de información geológica es realizada en un formato detallado de logueo
- El core es cortado a utilizando una cierra de corte eléctrica.
- Las muestras son divididas en dos mitades, una mitad es enviada a ensayar al laboratorio y la otra es almacenada en la caja sin de diámetro HQ.
- Muestras blancas, estándares y duplicados son insertados de manera sistemática.
- Las muestras son empaquetadas en sacos (con la respectiva codificación) y enviadas al laboratorio. Todas las muestras llegan al laboratorio con una lista generada en Geología, donde se describe la cantidad de muestras y el tipo de ensayo.

3.6.2 Muestreo de canales mineros

Se extrae un canal cada 2.00 m sistemáticamente, teniendo como ancho mínimo 0.30m y largo mínimo de 0.20m y 1.0m como máximo, obteniendo un peso mínimo de 4kg, los cuales no deben cuartearse.

El muestreo de canales es realizado en el frente de labor minera subterránea, las etapas del muestreo son las siguientes:

- Los muestreos limpian la labor y todos utilizan equipos de protección personal de forma obligatoria.
- Las muestras son obtenidas utilizando comba y cincel. Son dos personas que conforman el equipo de muestreo de canales.

- Las muestras son colectadas en una pequeña canastilla de plástico. Posteriormente, son embolsadas y etiquetadas.
- Finalmente, el ingreso de data obtenida durante el día, en el programa SIGEO (SIGEXP), sistema de gestión de datos para exploración

Figura 15. Toma de muestras de canal interior mina.



3.6.3 Frecuencia de inserción muestras de control

Se realizará la inserción de controles para determinar cuantitativamente la performance del muestreo (recolección), preparación y análisis. Los diferentes controles serán insertados en forma aleatoria bajo un plan de inserción de las muestras de control y realizarán en campo, tanto para canales como para sondajes.

La cantidad de las muestras de control, tendrán, entre 18% y 20% de inserción distribuidos de acuerdo al cuadro siguiente (Simón, 2016).

Tabla 4. Frecuencia de Inserción de Muestras de Control encomendada

Tipo de Muestra de Control	Frecuencia de Inserción	Comentarios
Muestras Gemelas	2%	Deben ser analizadas en las mismas condiciones que las muestras originales.
Duplicados Gruesos	2%	
Duplicados de Pulpa	2%	
Material de Referencia		
Alto	2%	
Medio	2%	
Bajo	2%	
Blancos Finos (BF)	2%	Los blancos deben ser ubicados después del logueo, en parejas, y a continuación de muestras potencialmente ricas. Se recomienda la siguiente secuencia: muestra rica- BF- BG.
Blancos Gruesos (BG)	2%	
Duplicados Externos	4%	Realizar envíos periódicos a un laboratorio secundario. Incluir muestras de control. Solicitar controles granulométricos al 10% de las muestras.

3.6.4 Inserción de controles para la toma de la muestra

Las muestras de control que evalúa la calidad del muestreo son los duplicados de campo. La muestra gemela se usa para evaluar la precisión del método de muestreo.

➤ Inserción de gemela de canal

La pareja de muestreos ubicará la posición planeada del canal a replicar; recolectando los incrementos en el mismo canal, profundizándolo o en uno paralelo al primero. El geólogo responsable validará esta recolección; pudiendo ordenar que se tome de otra posición la muestra; en cuyo caso desechará la muestra recolectada, reemplazándola por la nueva y anotando en la tarjeta de muestreo el código de la muestra original de la cual se tomó el duplicado.

➤ **Inserción de gemela de perforación diamantina**

Para las muestras de perforación diamantina; debemos considerar que la muestra sea tomada de la mineralización de interés; si la ubicación recae en un material de ganga como la caja de la estructura o caballo; el geólogo responsable deberá reubicar la muestra a una posición en donde se obtenga una muestra de mena; esta gemela se ubicará lo más próximo a la posición en la que se creó aleatoriamente. Luego anotará en la tarjeta de muestreo el tipo de muestra de control¹² y el código de la muestra

➤ **Inserción de controles para la preparación de la muestra**

Un proceso importante en la evaluación de la ley del mineral se encuentra en la conminución; en esta etapa la muestra puede estar afectada por: contaminación con material de arrastre, mala calibración, pérdida de finos, aporte de elementos que constituyen los equipos o materiales de trabajo. Los controles que permiten evaluar la preparación de las muestras son el blanco grueso y el duplicado grueso.

➤ **Inserción de blancos gruesos**

Esta muestra de control se insertará de forma aleatoria en el conjunto de muestras que se van a enviar al laboratorio de preparación, y se debe de anotar en la tarjeta de muestreo como blanco grueso. La ubicación puede variar; si la posición de la muestra recae después de una muestra de ganga; esta se podrá mover a una posición inmediata a una muestra de mena; esta nueva ubicación deberá anotarse en la tarjeta de muestreo como blanco grueso (ejecutado) así como también la muestra precedente para luego ingresar esta información en la base de datos. En muestras de perforación, se romperá las muestras del sondaje

en fragmentos de una pulgada en promedio, de modo que se confunda con el material que conforma el blanco grueso.

➤ ***Inserción de duplicado grueso***

Se realiza durante el envío; tratándolo como muestra fantasma, es decir sin realizar cortes en el proceso de preparación y con la inserción de una bolsa con etiqueta y sin muestra. En ambos casos el duplicado grueso siempre debe tomarse de la primera fase de división, luego del chancado.

➤ ***Inserción de controles para el análisis químico***

Para la verificación de los resultados del laboratorio primario, se usa comúnmente un Laboratorio Secundario (externo); asegurándose que en este se use el mismo peso y método de ensayo.

➤ ***Inserción de blancos finos***

Se realiza durante el envío; para ello el sobre con el contenido del blanco se introducirá dentro de una bolsa de muestreo con el código asignado. La inserción en el lote de muestras para el análisis debe realizarse en forma aleatoria planeada por el responsable del QAQC, si la posición recae después de una ganga esta se podrá mover a una posición posterior a una muestra de mena próxima a la planeada; en esta nueva posición se deberá anotar en la tarjeta de muestreo como blanco fino, también es importante anotar la muestra precedente para poder ser ingresada en la base de datos.

Estas muestras serán colocadas en sobre similares a las demás muestras, previo al envío al laboratorio analítico.

➤ ***Inserción de duplicado fino***

Se realiza durante el envío; tratándolo como muestra fantasma, es decir sin realizar cortes en el proceso de preparación y con la inserción de una bolsa con etiqueta y sin muestra. El duplicado se genera a partir de la subdivisión de la muestra primaria, en el proceso posterior al pulverizado; de las cuales una de ellas será la muestra original, y la otra será el duplicado de esta.

➤ ***Inserción del estándar (MRE)***

El responsable de QAQC seleccionará de forma aleatoria la ubicación de esta muestra de control asignándole una posición en las tarjetas de muestreo. Se realiza durante el envío; para ello el sobre con el contenido del estándar se introducirá dentro de una bolsa de muestreo con el código asignado. Estas muestras serán colocadas en sobre similar a las demás muestras, previo al envío al laboratorio analítico.

➤ ***Muestras de chequeo***

Las Muestras de Chequeo, son pulpas que se envían a un segundo laboratorio¹⁴ con la finalidad de evaluar la precisión del laboratorio primario. Eventualmente se envían muestras de “chequeo” re-análisis al laboratorio interno con el fin de validar o servir de dirimente frente a una discrepancia establecida, la cual se encuentra en evaluación por personal de QAQC.

3.6.4 Instrumentos

- Tarjetas de Muestreo de Operación Mina
- Formato Reporte de Muestreo que incorpora croquis de localización de las muestras. Mencionadas tarjetas deben contar con Código de barras para su control

- Reporte de inserción de muestras de control
- Muestras de Control Blancos fino y grueso
- Muestras de Control Duplicado fino y grueso
- Muestras de Control Estándar Baja, Media y Alta ley

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.7.1 Procesamientos De Datos

Para el procesamiento de datos se realizará con los resultados de los análisis químicos de la muestra geológica incluyendo las muestras de control a través de hojas de cálculo de MS Excel®, donde se obtendrán diferentes diagramas de monitoreo y límites de tolerancia para identificar los pares fallidos, y analizar las inconsistencias que pudieran existir.

El reporte de QA-QC se realizará analizando los resultados de los materiales de control, y con la ayuda de los reportes generados cada vez que se carga información a la base de datos, con el procesamiento se pretende evaluar la recolección, preparación y análisis. Las etapas y los parámetros monitoreados den ser:

- Muestreo: error, varianza o precisión de muestreo
- Preparación: error, varianza o precisión de sub-muestreo; posible contaminación durante la preparación
- Análisis: exactitud, precisión analítica y posible contaminación en el laboratorio analítico

3.7.2 Análisis de Datos

El análisis y monitoreo de datos del control y aseguramiento de calidad en la mina Tambomayo será realizado por el encargado QA-QC de manera semanal, mensual y anual. Este análisis es importante, pues permite detectar

los valores atípicos del ensaye de material de QA-QC, los que deben ser reportado inmediatamente para tomar una decisión sobre las inconsistencias que se presenten en el tiempo.

Para los análisis de datos se toma como referencia límites de tolerancia establecidos para pares de duplicados, blancos y para estándares según AMEC (Simón, 2016) en la siguiente tabla

Tabla 5. Limite tolerancia de muestras de control según AMEC.

Material QA-QC	Limite de tolerancia	Niveles Sugeridos	Mide
Muestra Gemela	30% ER	Pares fallidos <10%	Precisión (Error relativo)
Duplicado grueso	20% ER		
Duplicado fino	10% ER		
Blancos Gruesos	< 5LD	Pares fallidos <10%	Contaminación
Blancos Fino	< 3LD		
Estandares	<2x DE	Pares fallidos <5%	Exactitud (sesgo %)

Tabla 6. Tabla de niveles aceptación muestras de control

Rango	Precisión	Exactitud	Contaminación
< 5%	Buena	Buena	Baja
5% - 10%	Aceptable	Aceptable	Tolerable
> 10%	Mala	Mala	Contaminada

3.7.3 *Análisis muestra gemela*

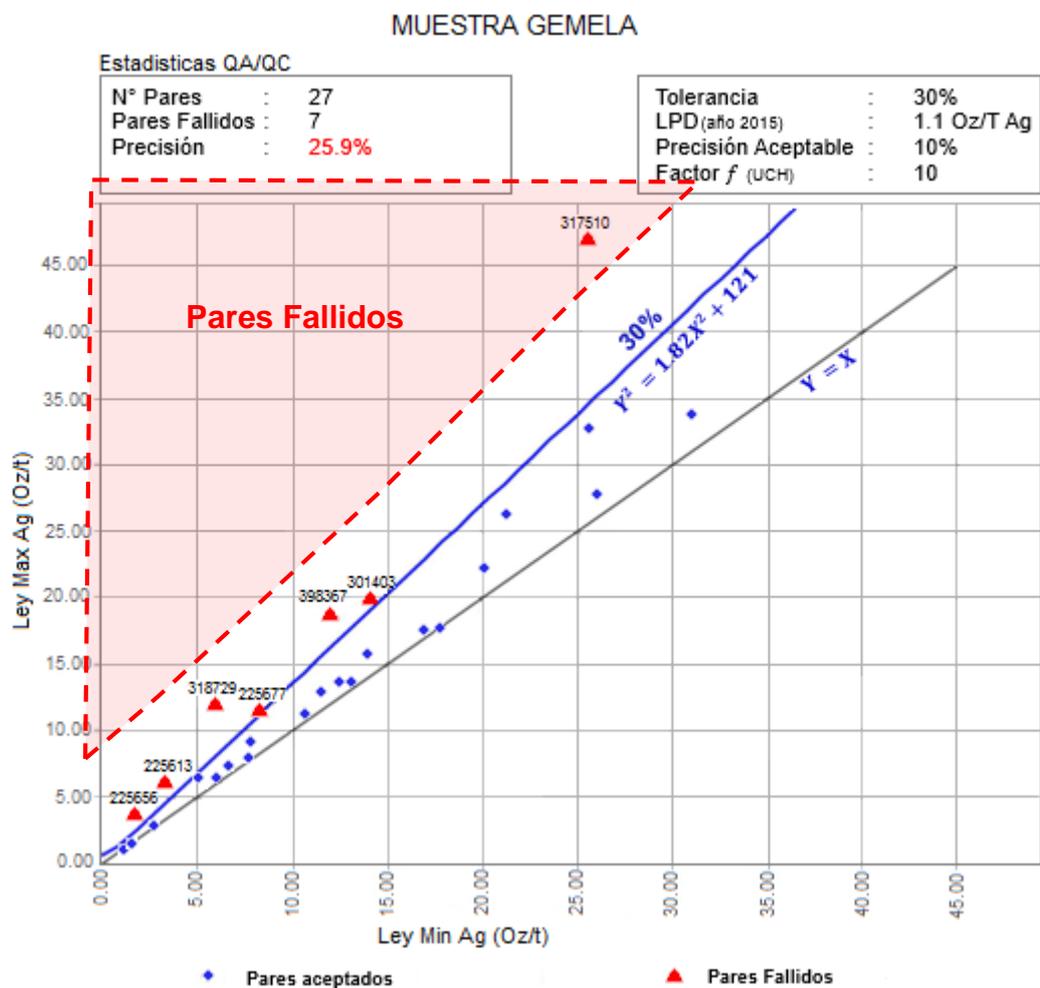
El análisis de resultados de los gemelos permite medir la precisión en la recolección de la muestra; para un mejor entendimiento y estudio de los resultados se ha diseñado la gráfica de dispersión de Máximos y Mínimos, utilizando la curva hiperbólica con límite de tolerancia de 30%; donde los pares fallidos se encontrarán por encima de esta curva.

Si la cantidad de pares fallidos excede al 10% del total de pares estudiados; estamos frente a un problema de precisión, que podría estar

relacionados a métodos y/o técnicas de muestreo incorrectos; los que se deben identificar y tomar las medidas correctivas que permita validar la información antes de su ingreso a la base de datos. Si se tienen pares fallidos <10%, los errores son puntuales (personales) en la toma de la muestra y se debe analizar como una oportunidad de mejora en la recolección de la muestra.

Los resultados evaluados cuantitativamente deben complementarse con el análisis gráfico de la distribución de los datos en los diagramas de dispersión.

Figura 16. *Limite y tolerancia para muestra gemela*



3.7.4 Análisis de duplicado grueso

Los duplicados gruesos permiten analizar la precisión en la preparación. Para su análisis se construye la gráfica de máximos y mínimos, junto a la

hipérbola con tolerancia de 20% y la recta con ER ideal. Dónde los pares fallidos se ubicarán por encima de la hipérbola.

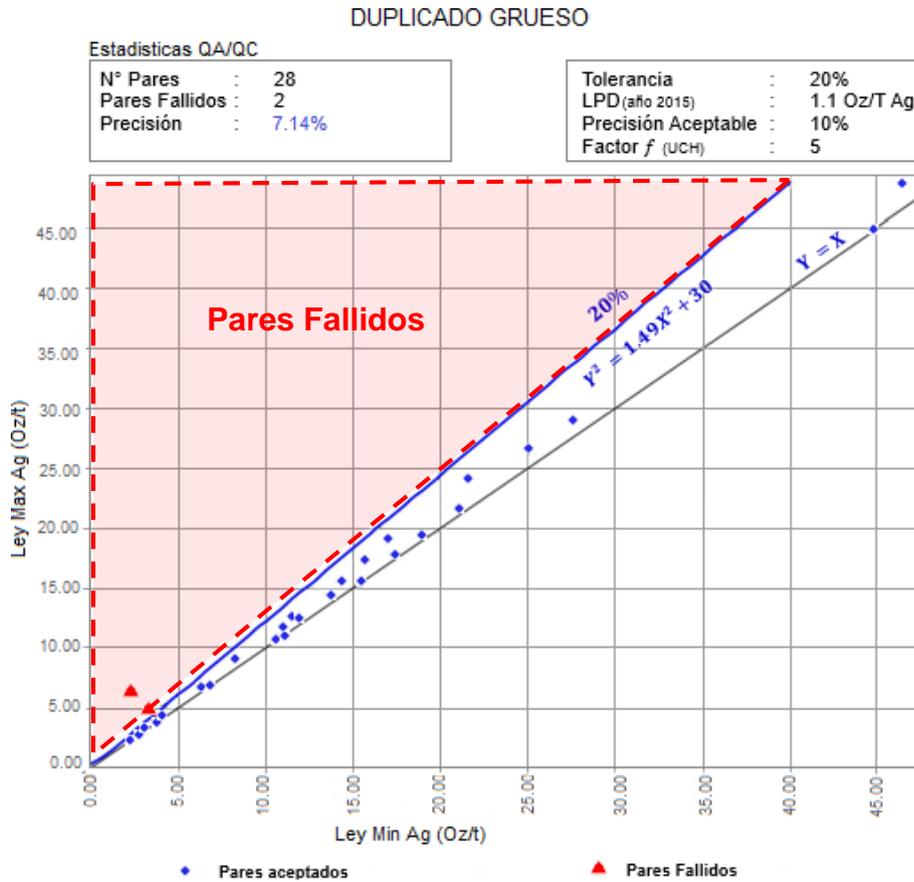
Si la cantidad de pares fallidos excede al 10% del total de la población, se debe de lanzar las alertas correspondientes. El error podría corresponder a técnicas y/o equipos que se utilizan en la preparación de las muestras, por ejemplo:

- Chancadoras descalibradas; se controla con el control granulométrico.
- Vaciado inadecuado en divisor, se controla con el pesado de las fracciones resultantes de la división de la muestra.
- Pérdida de finos; que puede ocurrir en el proceso en el chancado, homogenizado o cuarteo, también por un sistema de extracción inadecuado. Se controla con el pesaje en los diferentes puntos del proceso.
- Contaminación; por arrastre de material en los equipos y/o la deficiente limpieza

Si se ha tenido cuidado en reducir el efecto de estas inconsistencias, y aún persiste el error; entonces se podría sospechar de una heterogeneidad alta del depósito; en cuyo caso se debe de evaluar el proceso incluyendo los métodos y técnicas de muestreo, cantidad de muestra, tamaño de la granulometría, equipos de preparación entre otros.

Por el contrario, si los pares fallidos son menores al 10% podría deberse a errores puntuales en la preparación de la muestra, el cual se debería analizar como una oportunidad de mejora. Generalmente obedece a errores como cruce de muestras en la preparación.

Figura 17. Límite y Tolerancia Duplicados Gruesos:



3.7.5 Análisis de duplicado fino

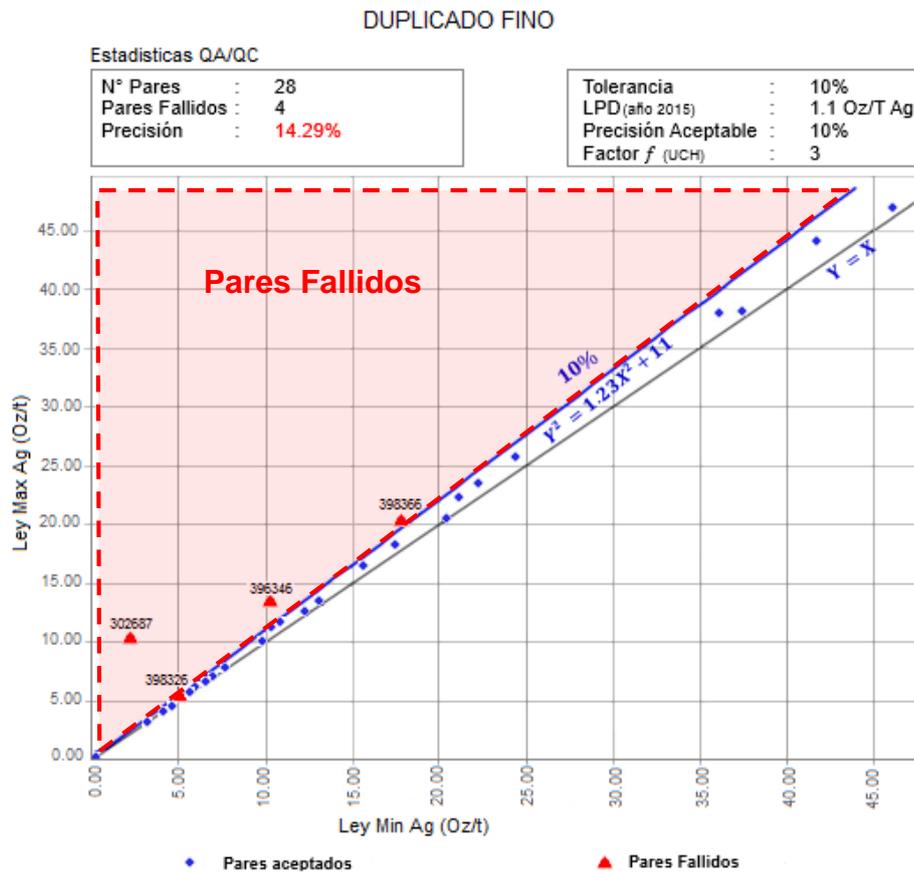
Para verificar la precisión del análisis químico, se ha desarrollado la gráfica de dispersión de Máximos y Mínimos utilizando junto a la curva hiperbólica como límite de la tolerancia 10%; dónde los pares fallidos se encontrarán por encima de esta curva.

No es usual que la cantidad de pares fallidos exceda al 10% del total, de suceder este efecto se debe lanzar las alertas correspondientes. Podría corresponder errores sistemáticos en el análisis químico, se debe de investigar para corregir el problema que permitan validar la información que va ingresar a la base de datos.

Los tipos de errores más frecuentes en los ensayos químicos son episódicos o aleatorios; por ejemplo, transposición de dígitos al registrar el

número, error al colocar un punto decimal, errores humanos involuntarios como el intercambio de muestras o errores en la lectura. Estos errores pueden ser prevenidos automatizando los procesos por medio del uso de computadoras.

Figura 18. Límite y Tolerancia Duplicados Finos



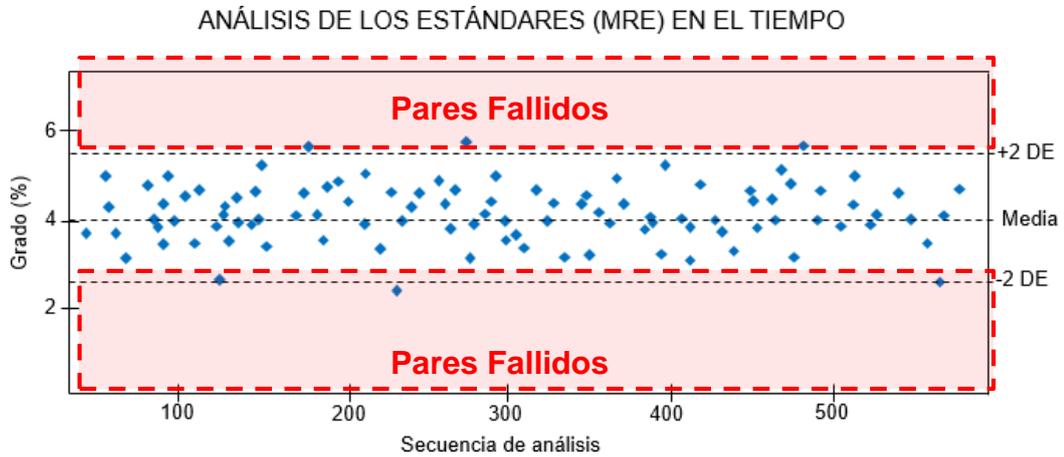
3.7.6 Análisis de las muestras estándares

Para realizar el análisis de estándares certificados se tiene como base el hecho que determinados tipos de problemas analíticos tienen patrones reconocibles que permitirán identificar las fuentes o tipos de errores.

Los valores ensayados de los estándares se representan en el diagrama Ley vs Periodo de análisis. El resultado del análisis de la exactitud a través de estándares en un periodo debe estar dentro de las 2 desviaciones estándar (± 2

DE) o al 95% de certeza; es decir que solo 5% de los ensayos debería quedar fuera del intervalo de confianza.

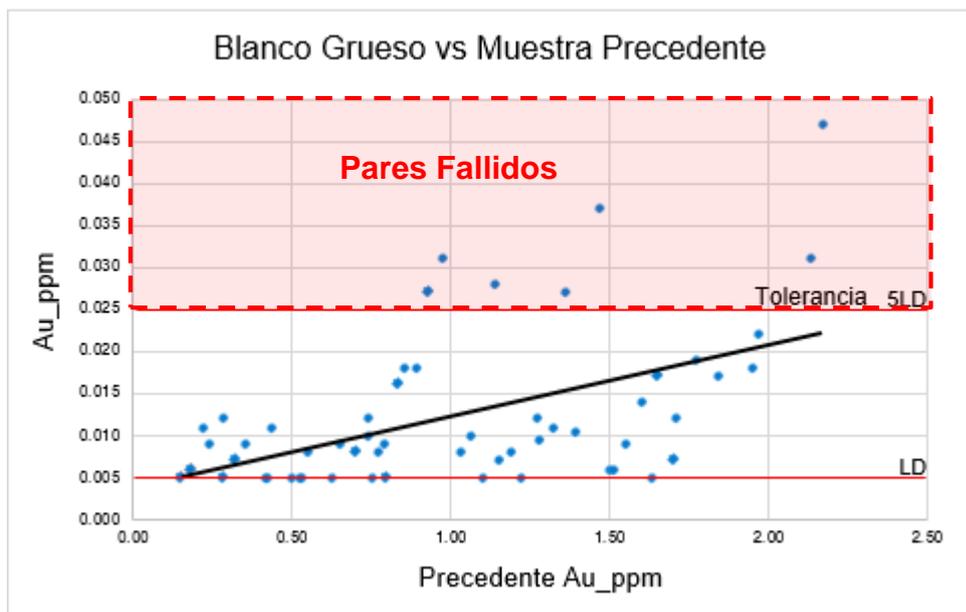
Figura 19. *Límite y Tolerancia Estándar*



3.7.7 *Análisis de blancos gruesos*

Para analizar la contaminación en el proceso de preparación; se realizan gráficos de dispersión de las muestras de control y las precedentes, en un tiempo determinado; utilizando como límite de tolerancia aceptable a 5 veces el LD (5LD).

Figura 20. *Límite y Tolerancia Blanco grueso*



3.7.7 Análisis de blancos finos

Para analizar la contaminación en el análisis; se realizan gráficos de dispersión de las muestras de control y las precedentes, en un tiempo determinado; utilizando como límite de tolerancia aceptable a 3 veces el LD (3LD).

Figura 21. Límite y Tolerancia Blanco fino



Tabla 7. Resumen de valores del blanco grueso y límites de detección

Elemento	Rango de valores certificado	Límite de detección mínimo
	Lab. ActLabs (Canadá)	Lab. Tambomayo
Au	14 a 20 ppb	0.016 ppm <> 16 ppb
Ag	1.7 a 2.9 ppm	0.02 oz/t <> 0.622 ppm

3.7.8 Análisis de muestras de chequeo

Son aquellas muestras de pulpa que se envían a los laboratorios externos para analizar la exactitud del laboratorio primario. Para medir la exactitud; se mide el sesgo entre muestras ensayadas en un laboratorio arbitral versus las muestras analizadas en el laboratorio primario. Para hacer el análisis de los resultados de las muestras de chequeo se deben realizar dos gráficos de

dispersión de manera secuencial. El primero permitirá identificar los errores atípicos o aleatorios que generalmente se encuentran relacionados a errores humanos en el momento de la lectura y transcripción de los resultados de ensaye. El segundo se realiza luego de retirar los valores atípicos identificados en el primer gráfico. Estos errores se deben estudiar por separado para tomar las acciones correctivas y poder eliminarlos; aislar estos valores atípicos va permitir identificar el “sesgo real” del laboratorio primario; pues se asume que el laboratorio secundario tiene un sesgo considerablemente bajo.

Si el segundo grafico tiene un “sesgo” por encima del 5% (sesgo real); este podría corresponder a errores sistemáticos del laboratorio primario; como una posible desviación instrumental; por lo que se hace necesaria la investigación correspondiente

Figura 22. *Diagrama de dispersión de muestras de chequeo*

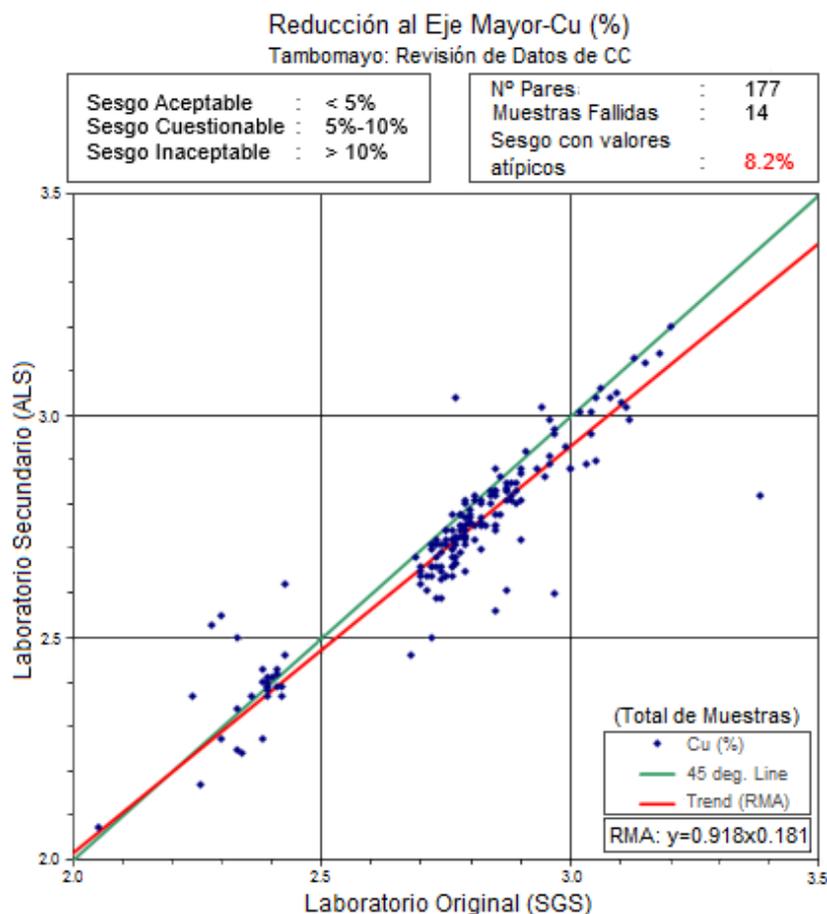
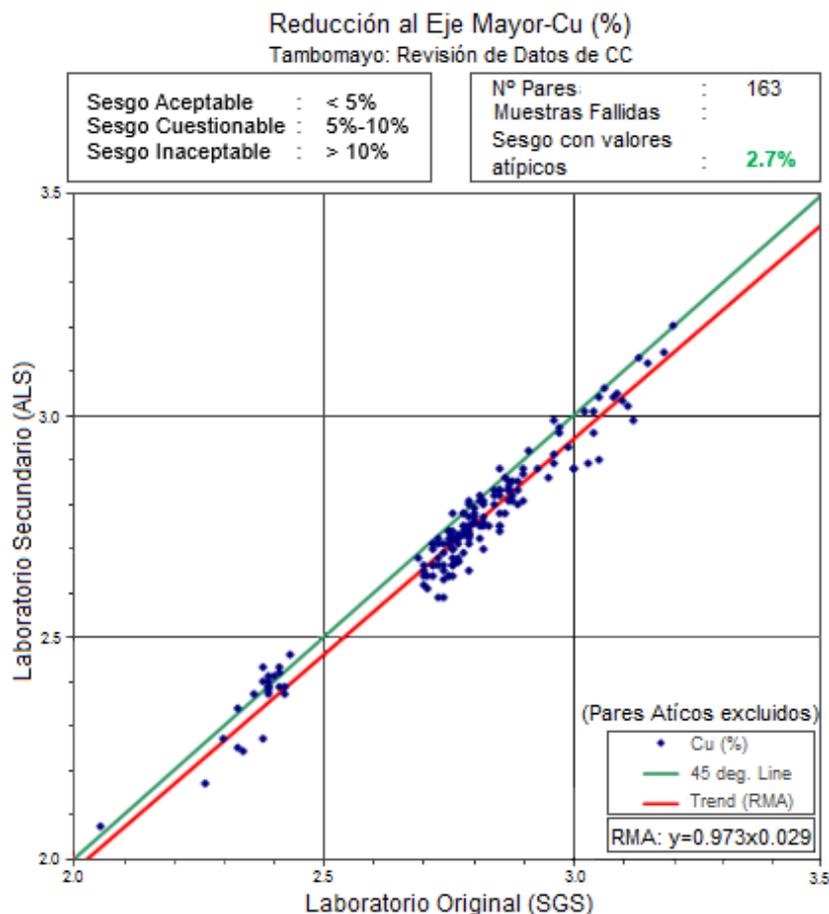


Figura 23. Exclusión de valores atípicos



Se observa que el “sesgo real” de la población de datos 2.7% indica una buena exactitud en el análisis de ensaye de muestras.

3.8 Tratamiento Estadístico de Datos

El reporte de QA-QC se realizará analizando los resultados de las muestras de control, y con la ayuda de los reportes generados cada vez que se carga información a la base de datos. El tratamiento de datos se llevará a cabo por medio de la estadística descriptiva, de la cual se obtiene la desviación estándar, la media, entre otros. Así mismo, se obtienen los gráficos y tablas procesadas en hojas de cálculo de MS Excel®,

3.8.1 Tratamiento precisión

El parámetro utilizado para evaluar la precisión es el “Error Relativo” (ER), que es el valor absoluto de la diferencia entre el “valor original” y el “valor del duplicado” dividido por el promedio de ambos valores.

$$ER = \frac{|Original - Duplicado|}{|Original + Duplicado|} \times 2$$

3.8.2 Tratamiento exactitud

El sesgo se expresa en porcentaje y es igual al valor absoluto del cociente del promedio (Pr) obtenido de ensayos de los estándares certificados entre el mejor valor (Mv) o valor del certificado.

$$Sesgo(\%) = \left(\frac{Pr}{Mv} - 1 \right)$$

Un sesgo “Aceptable” está caracterizado por una distribución aleatoria de los puntos de la data alrededor del valor promedio de los estándares (MRE) analizados en la prueba. Es esencial ver que el mismo número de muestras debe ocurrir por encima y debajo de la media. Cuando la distribución de los MRE difiere del patrón, probablemente indicaría posibles errores en los análisis químicos.

3.8.3 Tratamiento contaminación

Los valores de los blancos no deben estar directamente influenciados por las leyes de las muestras procedentes y no deben exceder en más de 3 ó 5 veces los límites de detección del elemento. La tasa de contaminación no debe superar el 2%.

3.8.4 Tratamiento muestras de chequeo

Son aquellas muestras de pulpa que se envían a los laboratorios externos para analizar la exactitud del laboratorio primario. Para medir la exactitud; se mide el sesgo entre muestras ensayadas en un laboratorio arbitral versus las muestras analizadas en el laboratorio primario.

El sesgo se obtiene del valor absoluto de la siguiente relación:

$$\text{Sesgo}(\%) = \left(\frac{\text{Desvest}(Y)}{\text{Desvest}(X)} - 1 \right)$$

Donde:

- Desvest (Y): desviación estándar de las muestras ensayadas en un laboratorio arbitral o secundario.
- Desvest (X): desviación estándar de las muestras ensayadas en un laboratorio primario.

CAPITULO IV

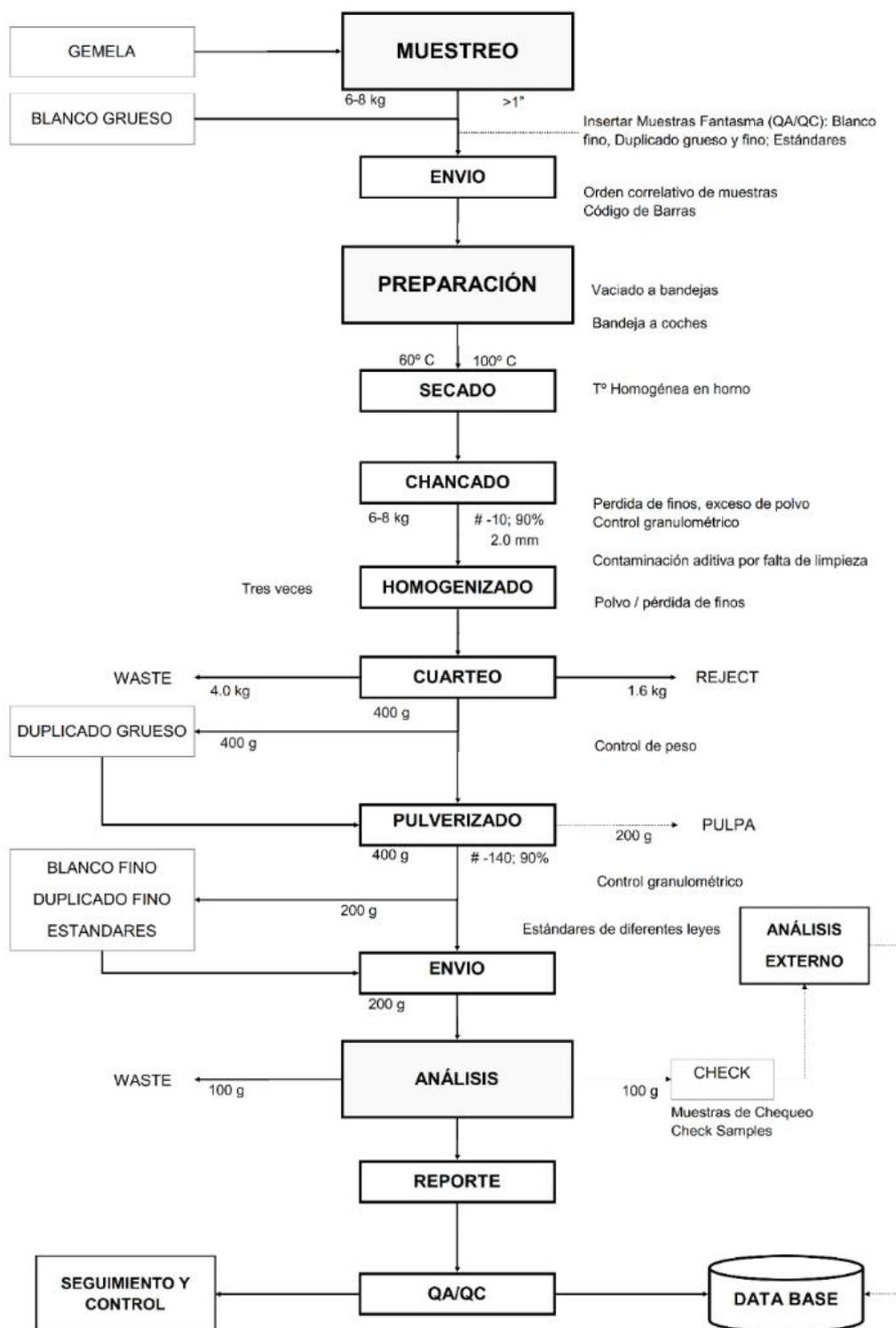
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

Todo el trabajo comienza desde la perforación diamantina del cual se extraen los cores, los cuales son enviados a la Sala de logueo para su posterior muestreo, en el caso de laboreo minero, la empresa con medidas de optimizar costos ha reducido los laboreos subterráneos dando más importancia la perforación, ya que se son de menor costo y generan mayor seguridad y confiabilidad en el proceso de muestreo geológico.

Se ha elaborado un diagrama del sistema de control de calidad del proceso QA-QC aplicado en la mina Tambomayo, el cual se detalla a continuación:

Figura 24. Diagrama de aplicación sistema de control de calidad QA-QC



1. Se realizo el muestreo de sondajes y canales según el procedimiento establecido por la CIA.

Figura 25. Muestreo de sondajes diamantinos.



2. Se registra toda la información de la muestra en los talonarios de muestreo donde se le colocada un código de muestreo respectivo.

Figura 26. Talonario de muestreo.

BUENAVENTURA	
MUESTRA DE SONDAJE	
DATOS GENERALES	MUESTRA
Unidad: <u>TMB</u>	Sondaje: <u>TMS22-0041</u>
Prospecto:	Desde:
Labor:	Hasta:
Objetivo:	Geólogo: <u>Janeth</u>
Fecha: <u>12-04-22</u>	Muestreo: <u>L</u>
	Superficie: <input type="checkbox"/> Subterráneo: <input type="checkbox"/>
	Testigo DDH: <input checked="" type="checkbox"/> Densidad RC: <input type="checkbox"/>
COLLAR	TIPO DE ANALISIS
Este:	Químico:
Norte:	Geoquímico
Cota:	Petromineralógico
Datum: <u>Proy / Zona</u>	Microscopía Electrónica
Instrumento:	Metallúrgico
Referencia:	Espectro IR
	Otros:
ESTRUCTURA MINERALIZADA	
Veta <input type="checkbox"/>	Venilla <input type="checkbox"/>
Falla <input type="checkbox"/>	Roca Caja Techo <input type="checkbox"/>
	Roca Caja Piso <input type="checkbox"/>
CATEGORIA DE MUESTRA	
Primaria <input type="checkbox"/>	Duplicado Grueso <input type="checkbox"/>
Duplicado Campo <input type="checkbox"/>	Duplicado Fino <input type="checkbox"/>
Duplicado Externo <input type="checkbox"/>	Estándar Alta <input type="checkbox"/>
	Estándar Media <input type="checkbox"/>
	Estándar Baja <input type="checkbox"/>
	Blanco Grueso <input checked="" type="checkbox"/>
	Blanco Fino <input type="checkbox"/>
Observaciones: <u>Blanco Grueso</u>	Observaciones:

3. Se utilizo un formato de inserción de muestras de control el cual de acuerdo al criterio de muestreo serán insertadas los duplicados, estándares y blancos.

Figura 27. *Formato de inserción de muestras de control.*

CODIGO	TIPO DE MUESTRA	CODIGO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD
TMSD00146201	Primaria	TMSD00146251	Primaria	Blanco Grueso	2
TMSD00146202	Primaria	TMSD00146252	Primaria	Blanco Fino	1
TMSD00146203	Primaria	TMSD00146253	Primaria	Gemela	2
TMSD00146204	Primaria	TMSD00146254	Primaria	Duplicado Grueso	2
TMSD00146205	Primaria	TMSD00146255	Blanco Grueso	Duplicado Fino	2
TMSD00146206	Duplicado Fino	TMSD00146256	Primaria	Estandar Alto	1
TMSD00146207	Primaria	TMSD00146257	Primaria	Estandar Medio	1
TMSD00146208	Primaria	TMSD00146258	Primaria	Estandar Bajo	3
TMSD00146209	Primaria	TMSD00146259	Primaria		14
TMSD00146210	Primaria	TMSD00146260	Primaria		
TMSD00146211	Primaria	TMSD00146261	Primaria		
TMSD00146212	Primaria	TMSD00146262	Gemela		
TMSD00146213	Gemela	TMSD00146263	Primaria		
TMSD00146214	Primaria	TMSD00146264	Primaria		
TMSD00146215	Primaria	TMSD00146265	Primaria		
TMSD00146216	Primaria	TMSD00146266	Primaria		
TMSD00146217	Primaria	TMSD00146267	Primaria		
TMSD00146218	Primaria	TMSD00146268	Primaria		
TMSD00146219	Primaria	TMSD00146269	Estandar Alto		
TMSD00146220	Estandar Bajo	TMSD00146270	Primaria		
TMSD00146221	Primaria	TMSD00146271	Primaria		
TMSD00146222	Primaria	TMSD00146272	Primaria		
TMSD00146223	Primaria	TMSD00146273	Primaria		
TMSD00146224	Primaria	TMSD00146274	Primaria		
TMSD00146225	Primaria	TMSD00146275	Primaria		
TMSD00146226	Primaria	TMSD00146276	Blanco Fino		
TMSD00146227	Duplicado Grueso	TMSD00146277	Primaria		
TMSD00146228	Primaria	TMSD00146278	Primaria		
TMSD00146229	Primaria	TMSD00146279	Primaria		
TMSD00146230	Primaria	TMSD00146280	Primaria		
TMSD00146231	Primaria	TMSD00146281	Primaria		
TMSD00146232	Primaria	TMSD00146282	Primaria		
TMSD00146233	Primaria	TMSD00146283	Estandar Bajo		
TMSD00146234	Estandar Bajo	TMSD00146284	Primaria		
TMSD00146235	Primaria	TMSD00146285	Primaria		
TMSD00146236	Primaria	TMSD00146286	Primaria		
TMSD00146237	Primaria	TMSD00146287	Primaria		
TMSD00146238	Primaria	TMSD00146288	Primaria		
TMSD00146239	Primaria	TMSD00146289	Primaria		
TMSD00146240	Primaria	TMSD00146290	Duplicado Grueso		
TMSD00146241	Duplicado Fino	TMSD00146291	Primaria		
TMSD00146242	Primaria	TMSD00146292	Primaria		
TMSD00146243	Primaria	TMSD00146293	Primaria		
TMSD00146244	Primaria	TMSD00146294	Primaria		
TMSD00146245	Primaria	TMSD00146295	Primaria		
TMSD00146246	Primaria	TMSD00146296	Primaria		
TMSD00146247	Primaria	TMSD00146297	Blanco Grueso		
TMSD00146248	Estandar Medio	TMSD00146298	Primaria		
TMSD00146249	Primaria	TMSD00146299	Primaria		
TMSD00146250	Primaria	TMSD00146300	Primaria		

Página

4. Se procede a insertar las muestras de control según correspondan en el lote a enviar a laboratorio

Figura 28. *Insertión de estándares*



Figura 29. *Insertión de blancos*



Figura 30. *Inserción de duplicados*



5. Se procede a empaquetar las muestras primarias con las muestras de control para su envío a sus análisis en el laboratorio químico.

Figura 31. *Lote de muestreo, incluye muestras de control*



Figura 32. *Empaquetado de muestras para envío a laboratorio químico*



4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

Se revisó los resultados de 32,467 muestras de sondajes diamantinos y 241 de canales mineros de enero a setiembre 2019 los cuales se describen a continuación:

4.2.1 Duplicados

Para las 32,708 muestras, se insertaron un total 508 muestras gemelas, el rango de inserción fue de 1.60% del total de muestras. Los porcentajes de pares errados fueron de 4.55% para Au y 1.33% para Ag. Para los duplicados gruesos se insertaron 605 muestras de control, el rango de inserción fue de 1.90% del total de muestras. Los porcentajes de pares errados fueron de 4.33% para Au y 1.16% para Ag y para los duplicados finos se insertaron 606 muestras de control, el rango de inserción fue de 1.90% del total de muestras. Los

porcentajes de pares errados fueron de 7.97% para Au y 2.33% para Ag (ver tabla N° 08).

Tabla 8. Resultados muestras de control “Duplicados”.

Tipo de Muestras	Tipo de Duplicados	Año	Laboratorio	Elemento	Pares	Fallos	Fallos (%)	Factor c	Muestras Primarias	Inserción (%)
Canales	Field Duplicates	2019	Tambomayo	Au	1	0	0.00%	10	241	0.4%
				Ag	1	0	0.00%	10		
	Coarse Duplicates			Au	4	1	25.00%	5		1.7%
				Ag	4	0	0.00%	5		
	Pulp Duplicates			Au	4	0	0.00%	3		1.7%
				Ag	4	1	25.00%	3		
Sondajes	Field Duplicates	2019	Tambomayo	Au	527	24	4.55%	10	32,467	1.6%
				Ag	527	7	1.33%	10		
	Coarse Duplicates			Au	601	26	4.33%	5		1.9%
				Ag	601	7	1.16%	5		
	Pulp Duplicates			Au	602	48	7.97%	3		1.9%
				Ag	602	14	2.33%	3		

4.2.2 Estándares

De las 32,708 muestras, se insertaron un total 597 estándares de baja ley, el rango de inserción fue de 1.80% del total de muestras. El sesgo reportó -0.54% para Au y -1.17% para Ag. Para el estándar media ley se insertaron un total 610 muestras, el rango de inserción fue de 1.90% del total de muestras. El sesgo reportó -1.98% para Au y -0.87% para Ag. Para el estándar alta ley se insertaron un total 579 muestras, el rango de inserción fue de 1.80% del total de muestras. El sesgo reportó -1.65% para Au y +0.42% para Ag (ver tabla N°09).

Tabla 9. Resultados muestras de control “Estándares”

Tipo de Muestras	Tipo de Estándar	RM	Año	Laboratorio	Elemento	Unit	BV	Mean	Samples	Outliers	Bias (%)	CV (%)	Muestras Primarias	Inserción (%)
Canales	Baja Ley	TMSTD_01_BL_2016	2019	Tambomayo	Au	ppm	5.21	5.17	4	0	-0.72%	3.78%	241	1.7%
					Ag	ppm	151.00	147.03	4	0	-2.63%	1.72%		
	Media Ley	TMSTD_02_ML_2016			Au	ppm	9.13	9.25	4	0	1.30%	1.95%		1.7%
					Ag	ppm	339.00	324.06	4	0	-4.41%	2.42%		
	Alta Ley	TMSTD_03_AL_2016			Au	ppm	14.51	12.51	5	0	-13.80%	33.13%		2.1%
					Ag	ppm	420.00	415.15	5	0	-1.15%	2.27%		
Sondajes	Baja Ley	TMSTD_01_BL_2016	2019	Tambomayo	Au	ppm	5.21	5.18	593	9	-0.54%	11.38%	32,467	1.8%
					Ag	ppm	151.00	149.23	593	10	-1.17%	4.10%		
	Media Ley	TMSTD_02_ML_2016			Au	ppm	9.13	8.95	606	12	-1.98%	8.68%		1.9%
					Ag	ppm	339.00	336.06	606	6	-0.87%	5.81%		
	Alta Ley	TMSTD_03_AL_2016			Au	ppm	14.51	14.27	574	8	-1.65%	14.25%		1.8%
					Ag	ppm	420.00	421.78	574	2	0.42%	5.22%		

4.2.3 Blancos

Para 32,708 muestras, se insertaron en total 602 blancos gruesos, con un rango de inserción de 1.8% del total de muestras, con una tasa de contaminación de 3.20% para Au y 20.54% para Ag. Para los blancos finos se insertaron en total 606 muestras, con un rango de inserción de 1.8% del total de muestras, con una tasa de contaminación de 1.83% para Au y 1.50% para Ag (ver tabla N°10).

Tabla 10. Resultados muestras de control “Blancos”.

Tipo de Muestras	Tipo de Blanco	Código	Año	Laboratorio	Elemento	Samples	Outliers	TCA(%)	Factor c	Muestras Primarias	Inserción (%)
Canales	Coarse Blank	TMBLK_GR_TR-17131	2019	Tambomayo	Au	8	4	50.00%	5	241	3.3%
					Ag	8	2	25.00%	5		
	Fine Blank	TMBLK_FN_TR-17129			Au	6	1	16.67%	3		2.5%
					Ag	6	0	0.00%	3		
Sondajes	Coarse Blank	TMBLK_GR_TR-17131	2019	Tambomayo	Au	594	19	3.20%	5	32,467	1.8%
					Ag	594	122	20.54%	5		
	Fine Blank	TMBLK_FN_TR-17129			Au	600	11	1.83%	3		1.8%
					Ag	600	9	1.50%	3		

4.2.4 Muestras de chequeo

Para las 32,467 muestras se enviaron 1,306 muestras a laboratorio externo ALS siendo el 4.0% del total de muestras. Los porcentajes de pares errados fueron de 2.30% para Au y 1.23% para Ag (ver tabla N° 11).

Tabla 11. Resultados muestras de chequeo.

Tipo de Muestras	Tipo de Duplicado	Año	Laboratorio 1	Laboratorio 2	Elemento	Pares	Fallos	Fallos (%)	Muestras Primarias	Inserción (%)
Canales	Muestras de chequeo	2019	Tambomayo	-	Au	0	0	-	241	0.0%
					Ag	0	0	-		
Sondajes	Muestras de chequeo	2019	Tambomayo	ALS	Au	1306	30	2.30%	32,467	4.0%
					Ag	1306	16	1.23%		

4.2.5 Gráficos Control de Precisión

a) Duplicado de Campo (FD) – Au

Figura 33.

Duplicado Campo Au

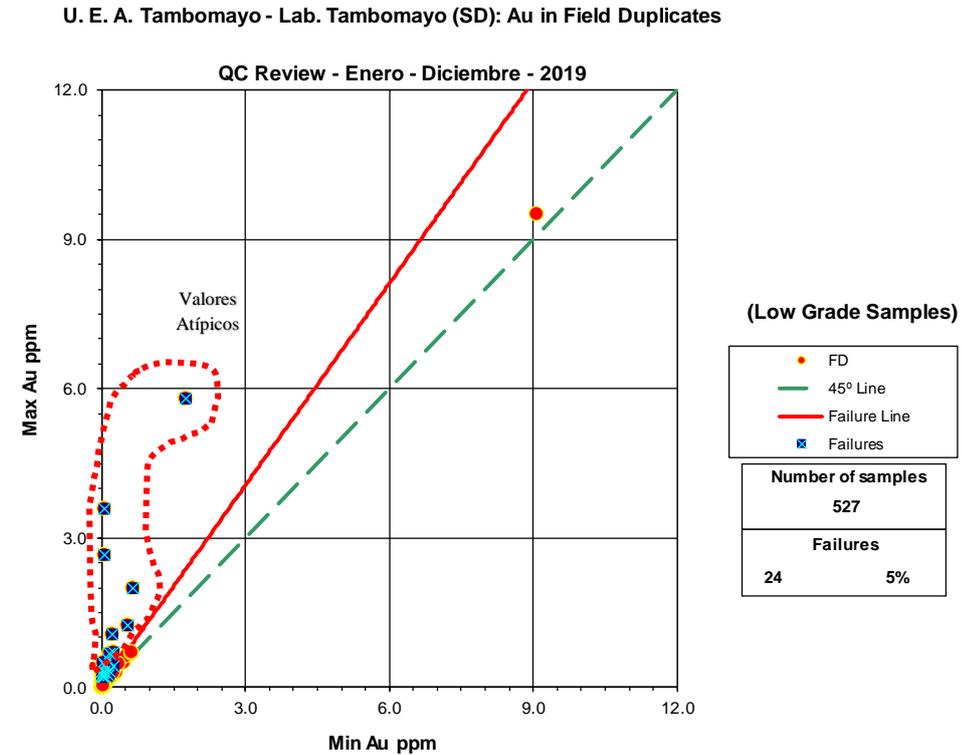


Tabla 12. Cuadro pares fallidos FD - Au

Original Sample			Field Duplicates			Date
Lab	Original	Original	Lab	FD	FD	QC
Certificate	Sample Nr.	Au ppm	Certificate	Nr.	Au ppm	Month
SOL002309	TMSD00054042	0.22	SOL002309	TMSD00054043	0.04	Enero
SOL002323	TMSD00053779	0.43	SOL002323	TMSD00053780	0.24	Enero
SOL002367	TMSD00054929	0.17	SOL002367	TMSD00054932	0.67	Enero
SOL002463	TMSD00055921	0.13	SOL002463	TMSD00055922	0.24	Febrero
SOL002505	TMSD00056378	1.75	SOL002505	TMSD00056379	5.80	Febrero
SOL002519	TMSD00057241	2.00	SOL002519	TMSD00057242	0.64	Febrero
SOL002521	TMSD00057260	0.22	SOL002521	TMSD00057261	0.06	Febrero
SOL002549	TMSD00057405	1.25	SOL002549	TMSD00057406	0.54	Febrero
SOL002550	TMSD00057456	0.25	SOL002550	TMSD00057457	0.70	Febrero
SOL002595	TMSD00057850	0.13	SOL002595	TMSD00057851	0.55	Febrero
SOL002750	TMSD00059126	0.05	SOL002750	TMSD00059127	2.66	Marzo
SOL002826	TMSD00059664	0.21	SOL002826	TMSD00059665	0.02	Marzo
SOL003010	TMSD00061354	0.31	SOL003010	TMSD00061355	0.16	Marzo
SOL003079	TMSD00061625	0.44	SOL003079	TMSD00061626	0.08	Abril
SOL003107	TMSD00062182	0.05	SOL003107	TMSD00062184	0.31	Abril
SOL003121	TMSD00061558	0.02	SOL003121	TMSD00061559	0.29	Abril
SOL003383	TMSD00065359	0.02	SOL003383	TMSD00065363	0.21	Mayo
TMSOL004014	TMSD00073450	0.05	TMSOL004014	TMSD00073451	0.45	Junio
TMSOL004157	TMSD00074690	1.07	TMSOL004157	TMSD00074691	0.22	Julio
TMSOL004244	TMSD00076355	0.02	TMSOL004244	TMSD00076356	0.23	Julio
TMSOL004389	TMSD00078004	3.59	TMSOL004389	TMSD00078005	0.07	Agosto
TMSOL005105	TMSD00087589	0.02	TMSOL005105	TMSD00087590	0.31	Octubre
TMSOL005458	TMSD00093296	0.49	TMSOL005458	TMSD00093297	0.03	Diciembre
TMSOL005458	TMSD00093314	0.02	TMSOL005458	TMSD00093315	0.21	Diciembre

b) Duplicado Grueso (CD) – Au

Figura 34.

Duplicado Grueso Au

U. E. A. Tambomayo - Lab. Tambomayo (SD): Au in Coarse Duplicates

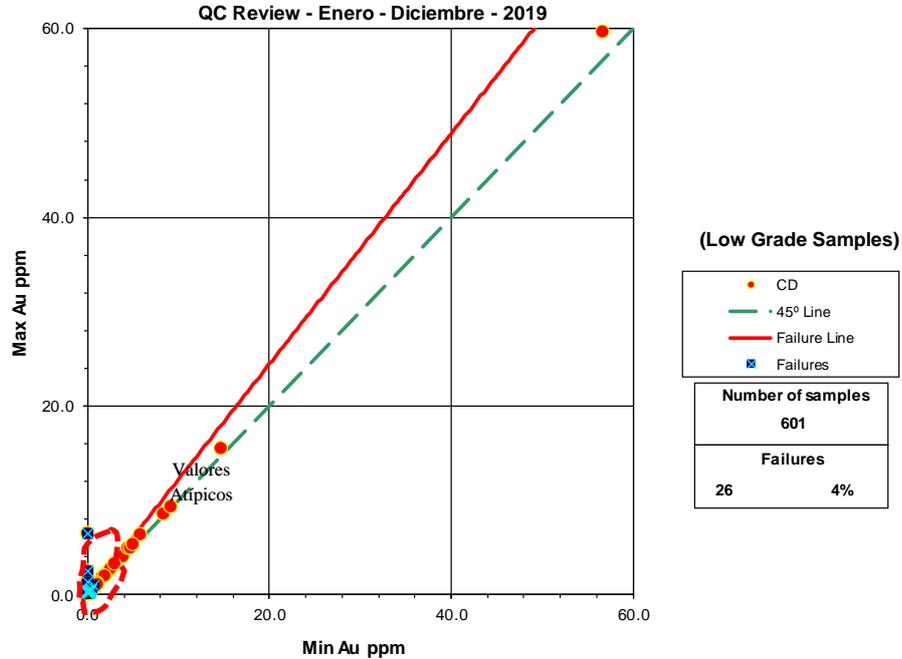


Tabla 13. Cuadro pares fallidos CD -Au

Original Sample			Coarse Duplicates			Date
Lab	Original	Original	Lab	CD	CD	QC
Certificate	Sample Nr.	Au ppm	Certificate	Nr.	Au ppm	Month
SOL002259	TMSD00053139	0.12	SOL002259	TMSD00053140	0.04	Enero
SOL002429	TMSD00055383	0.12	SOL002429	TMSD00055384	0.05	Enero
SOL002899	TMSD00059385	0.25	SOL002899	TMSD00059386	0.35	Marzo
SOL003086	TMSD00061068	0.19	SOL003086	TMSD00061069	0.12	Abril
SOL003113	TMSD00061428	0.43	SOL003113	TMSD00061438	0.30	Abril
SOL003190	TMSD00062928	0.36	SOL003190	TMSD00062929	0.50	Abril
SOL003192	TMSD00062666	0.46	SOL003192	TMSD00062667	0.60	Abril
TMSOL003709	TMSD00068328	0.91	TMSOL003709	TMSD00068329	0.68	Mayo
TMSOL003709	TMSD00068342	0.34	TMSOL003709	TMSD00068343	0.13	Mayo
TMSOL003909	TMSD00072696	0.02	TMSOL003909	TMSD00072697	1.27	Junio
TMSOL003996	TMSD00072968	0.18	TMSOL003996	TMSD00072969	0.26	Junio
TMSOL004156	TMSD00074669	0.31	TMSOL004156	TMSD00074670	0.03	Julio
TMSOL004256	TMSD00076702	0.05	TMSOL004256	TMSD00076703	0.11	Julio
TMSOL004320	TMSD00077677	6.47	TMSOL004320	TMSD00077678	0.02	Julio
TMSOL004408	TMSD00078288	0.11	TMSOL004408	TMSD00078289	0.22	Agosto
TMSOL004479	TMSD00080085	0.25	TMSOL004479	TMSD00080086	0.38	Agosto
TMSOL004481	TMSD00080126	0.24	TMSOL004481	TMSD00080127	0.16	Agosto
TMSOL004494	TMSD00079204	0.13	TMSOL004494	TMSD00079205	0.03	Agosto
TMSOL004550	TMSD00080663	0.40	TMSOL004550	TMSD00080664	0.04	Agosto
TMSOL004638	TMSD00081672	0.34	TMSOL004638	TMSD00081673	0.22	Setiembre
TMSOL004689	TMSD00082450	2.49	TMSOL004689	TMSD00082451	0.02	Setiembre
TMSOL004693	TMSD00082705	0.25	TMSOL004693	TMSD00082706	0.18	Setiembre
TMSOL005102	TMSD00087459	0.15	TMSOL005102	TMSD00087460	0.07	Octubre
TMSOL005286	TMSD00091035	0.07	TMSOL005286	TMSD00091036	0.20	Noviembre
TMSOL005387	TMSD00092655	0.18	TMSOL005387	TMSD00092656	0.05	Noviembre
TMSOL005434	TMSD00093771	0.25	TMSOL005434	TMSD00093770	0.06	Diciembre

c) Duplicado de Pulpa (PD) – Au

Figura 35. Duplicado Pulpa Au

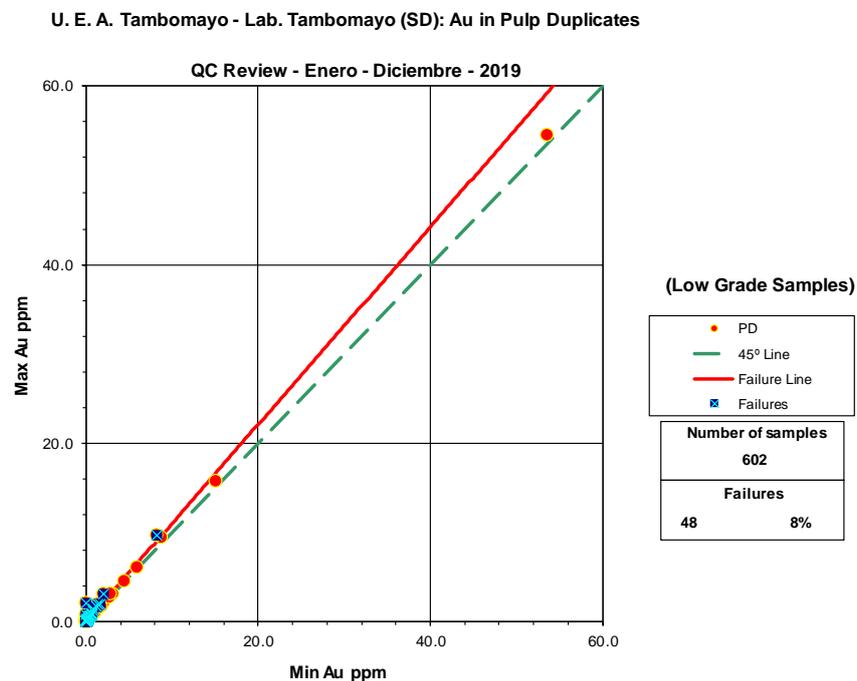


Tabla 14. Cuadro de pares fallidos PD - Au

Original Sample			Pulp Duplicates			Date
Lab	Original	Original	Lab	PD	PD	QC
Certificate	Sample Nr.	Au ppm	Certificate	Nr.	Au ppm	Month
SOL002242	TMSD00052935	0.77	SOL002242	TMSD00052936	1.22	Enero
SOL002255	TMSD00052986	0.67	SOL002255	TMSD00052987	0.77	Enero
SOL002259	TMSD00053131	0.59	SOL002259	TMSD00053132	0.34	Enero
SOL002289	TMSD00053609	3.07	SOL002289	TMSD00053610	2.01	Enero
SOL002413	TMSD00055245	0.40	SOL002413	TMSD00055246	0.65	Enero
SOL002429	TMSD00055363	0.41	SOL002429	TMSD00055364	0.33	Enero
SOL002726	TMSD00058176	0.02	SOL002726	TMSD00058177	0.10	Marzo
SOL002764	TMSD00059186	0.21	SOL002764	TMSD00059187	0.18	Marzo
SOL002899	TMSD00059389	0.23	SOL002899	TMSD00059390	0.25	Marzo
SOL002935	TMSD00060749	0.10	SOL002935	TMSD00060750	0.06	Marzo
SOL002937	TMSD00060811	1.97	SOL002937	TMSD00060812	1.59	Marzo
SOL003006	TMSD00060564	0.02	SOL003006	TMSD00060565	0.33	Marzo
SOL003054	TMSD00061859	0.52	SOL003054	TMSD00061860	0.23	Abril
SOL003124	TMSD00062393	0.18	SOL003124	TMSD00062394	0.23	Abril
SOL003154	TMSD00062500	0.53	SOL003154	TMSD00062501	0.47	Abril
SOL003183	TMSD00062845	0.83	SOL003183	TMSD00062846	0.71	Abril
SOL003222	TMSD00063047	0.88	SOL003222	TMSD00063048	1.49	Abril
SOL003226	TMSD00063900	0.07	SOL003226	TMSD00063901	0.10	Abril
SOL003232	TMSD00062776	0.17	SOL003232	TMSD00062777	0.15	Abril
SOL003346	TMSD00064155	0.97	SOL003346	TMSD00064156	0.54	Mayo
SOL003424	TMSD00065181	0.12	SOL003424	TMSD00065182	0.08	Mayo
SOL003428	TMSD00066060	0.29	SOL003428	TMSD00066061	0.21	Mayo
TMSOL003708	TMSD00068314	1.38	TMSOL003708	TMSD00068315	1.97	Mayo
TMSOL003711	TMSD00069500	0.05	TMSOL003711	TMSD00069501	0.10	Mayo
TMSOL003712	TMSD00069555	0.75	TMSOL003712	TMSD00069556	0.89	Mayo
TMSOL003728	TMSD00069693	0.05	TMSOL003728	TMSD00069694	0.13	Junio
TMSOL003828	TMSD00071045	0.09	TMSOL003828	TMSD00071050	0.05	Junio
TMSOL003852	TMSD00071302	0.52	TMSOL003852	TMSD00071303	0.66	Junio

d) Duplicado de Campo (FD) – Ag

Figura 36.

Duplicado Campo -Ag

U. E. A. Tambomayo - Lab. Tambomayo (SD): Ag in Field Duplicates

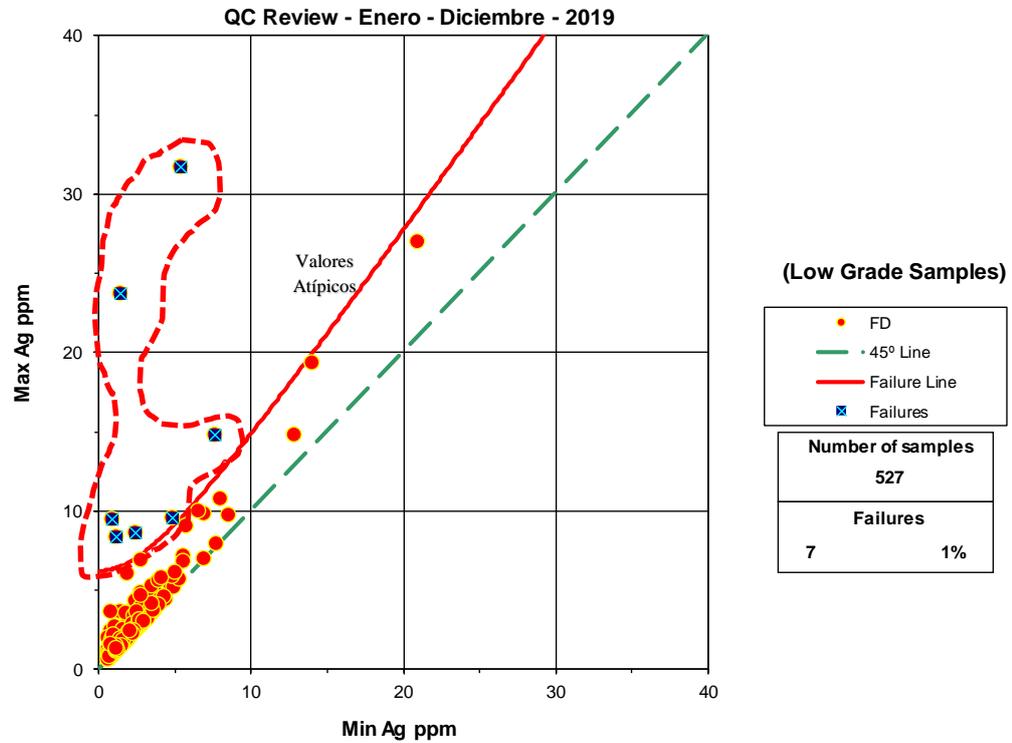


Tabla 15. Cuadro de pares fallidos FD - Ag

Original Sample			Field Duplicates			Date
Lab	Original	Original	Lab	FD	FD	QC
Certificate	Sample Nr.	Ag ppm	Certificate	Nr.	Ag ppm	Month
SOL002234	TMSD00052691	1.20	SOL002234	TMSD00052692	8.39	Enero
SOL002394	TMSD00055115	7.59	SOL002394	TMSD00055116	14.76	Enero
SOL002451	TMSD00056506	8.65	SOL002451	TMSD00056507	2.45	Febrero
SOL003107	TMSD00062182	5.39	SOL003107	TMSD00062184	31.70	Abril
SOL003222	TMSD00063041	23.74	SOL003222	TMSD00063042	1.45	Abril
TMSOL004254	TMSD00076655	4.84	TMSOL004254	TMSD00076657	9.55	Julio
TMSOL005330	TMSD00091689	9.49	TMSOL005330	TMSD00091688	0.85	Noviembre

e) Duplicado Grueso (CD) – Ag

Figura 37.

Duplicado grueso Ag

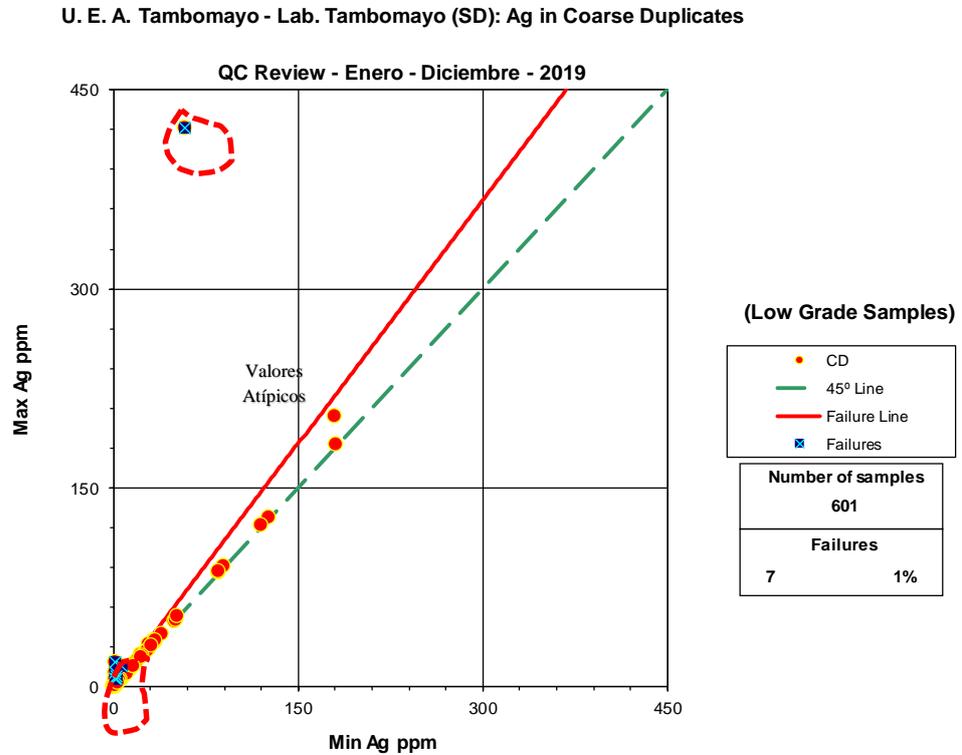


Tabla 16. Cuadro de pares fallidos CD -Ag

Original Sample			Coarse Duplicates			Date
Lab	Original	Original	Lab	CD	CD	QC
Certificate	Sample Nr.	Ag ppm	Certificate	Nr.	Ag ppm	Month
SOL002402	TMSD00055182	6.80	SOL002402	TMSD00055183	15.57	Enero
SOL003113	TMSD00061428	5.65	SOL003113	TMSD00061438	2.43	Abril
SOL003285	TMSD00064212	10.91	SOL003285	TMSD00064211	1.74	Abril
TMSOL004320	TMSD00077677	7.53	TMSOL004320	TMSD00077678	2.16	Julio
TMSOL004752	TMSD00083658	57.45	TMSOL004752	TMSD00083659	421.70	Setiembre
TMSOL005286	TMSD00091035	1.75	TMSOL005286	TMSD00091036	18.39	Noviembre
TMSOL005434	TMSD00093771	6.16	TMSOL005434	TMSD00093770	0.95	Diciembre

f) Duplicado de Pulpa (PD) – Ag

Figura 38.

Duplicado Pulpa -Ag

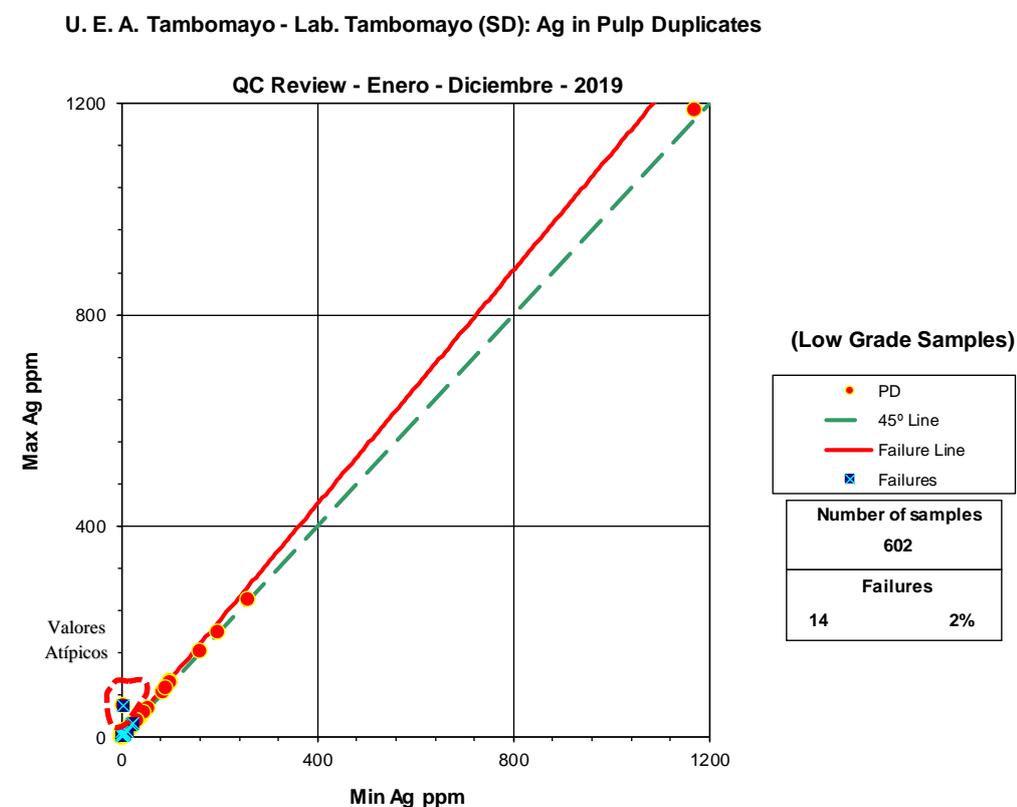


Tabla 17. Cuadro de pares fallidos PD - Ag

Original Sample			Pulp Duplicates			Date
Lab	Original	Original	Lab	PD	PD	QC
Certificate	Sample Nr.	Ag ppm	Certificate	Nr.	Ag ppm	Month
SOL002289	TMSD00053609	8.38	SOL002289	TMSD00053610	7.18	Enero
SOL002747	TMSD00059104	59.49	SOL002747	TMSD00059105	3.85	Marzo
SOL003013	TMSD00060882	2.35	SOL003013	TMSD00060883	3.25	Marzo
SOL003123	TMSD00062341	1.00	SOL003123	TMSD00062342	5.93	Abril
SOL003215	TMSD00063343	11.67	SOL003215	TMSD00063344	10.34	Abril
SOL003224	TMSD00063846	20.58	SOL003224	TMSD00063847	23.45	Abril
SOL003314	TMSD00063631	10.58	SOL003314	TMSD00063632	0.75	Abril
SOL003350	TMSD00064585	1.64	SOL003350	TMSD00064586	2.84	Mayo
SOL003437	TMSD00065845	23.21	SOL003437	TMSD00065846	26.03	Mayo
SOL003468	TMSD00067044	7.09	SOL003468	TMSD00067045	6.14	Mayo
TMSOL003938	TMSD00072397	2.50	TMSOL003938	TMSD00072398	1.30	Junio
TMSOL004727	TMSD00082329	5.32	TMSOL004727	TMSD00082330	4.32	Setiembre
TMSOL004739	TMSD00082472	5.63	TMSOL004739	TMSD00082473	2.44	Setiembre
TMSOL005287	TMSD00091050	1.15	TMSOL005287	TMSD00091051	2.74	Noviembre

4.2.6 Gráficos Control de Exactitud

a) Estándar Bajo (TMSTD_01_BL_2016) – Au

Figura 39.

Estándar Bajo – Au

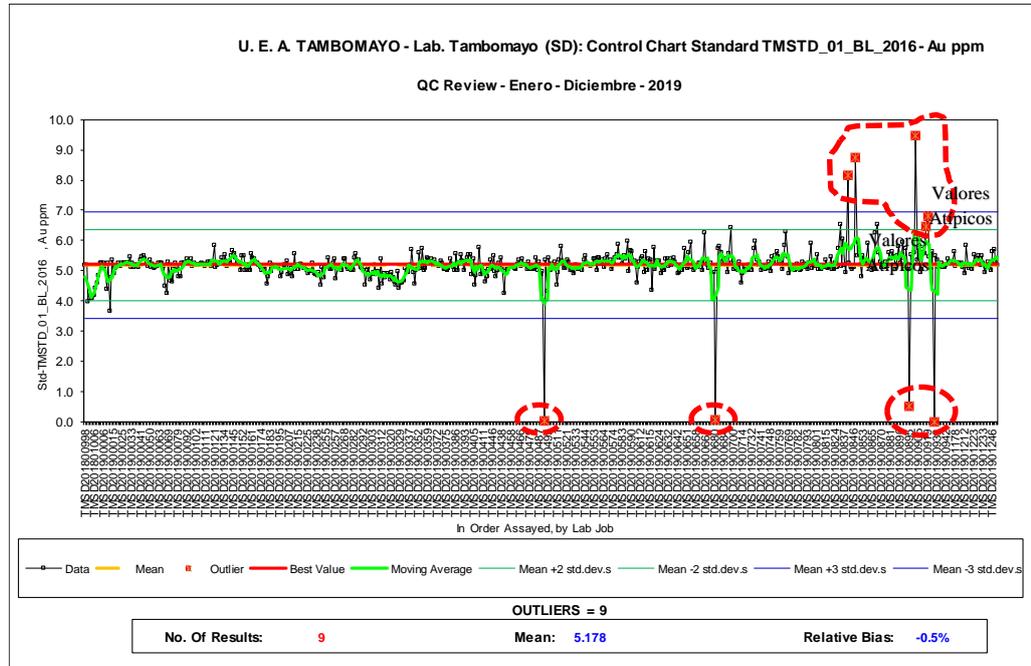


Tabla 18. Cuadro de pares fallidos Estandar Bajo - Au

MINE BATCH NUMBER	LAB BATCH NUMBER	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Au ppm	BEST VALUE	QC Month
TMSD201900494	TMSOL003630	23/05/2019	TMSD00068547	0.02	5.21	Mayo
TMSD201900681	TMSOL004117	7/07/2019	TMSD00074379	0.06	5.21	Julio
TMSD201900844	TMSOL004503	19/08/2019	TMSD00078567	8.15	5.21	Agosto
TMSD201900847	TMSOL004514	20/08/2019	TMSD00080453	8.75	5.21	Agosto
TMSD201900896	TMSOL004651	4/09/2019	TMSD00082004	0.52	5.21	Setiembre
TMSD201900903	TMSOL004676	7/09/2019	TMSD00081957	9.49	5.21	Setiembre
TMSD201900919	TMSOL004713	12/09/2019	TMSD00082795	6.45	5.21	Setiembre
TMSD201900919	TMSOL004713	12/09/2019	TMSD00083625	6.80	5.21	Setiembre
TMSD201900930	TMSOL004739	16/09/2019	TMSD00082487	0.02	5.21	Setiembre

b) Estándar Medio (TMSTD_02_ML_2016) – Au

Figura 40.

Estándar Medio – Au

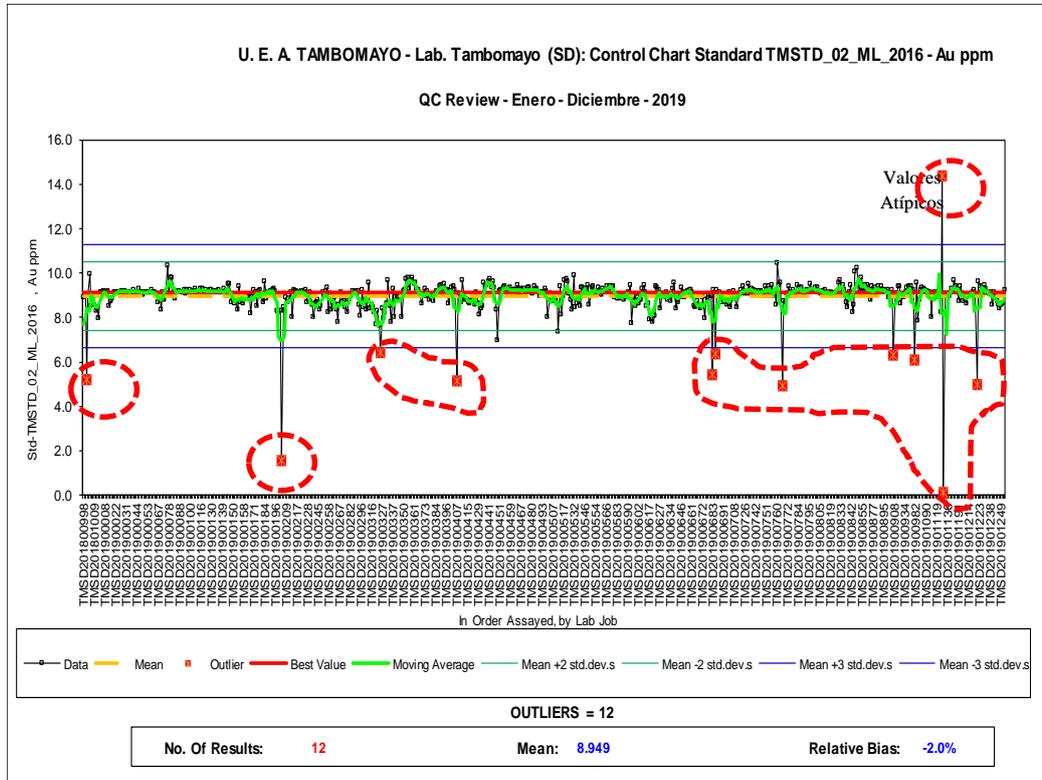


Tabla 19. Cuadro de pares fallidos Estándar Medio – Au

MINE BATCH NUMBER	LAB BATCH NUMBER	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Au ppm	BEST VALUE	QC Month
TMSD201801000	SOL002231	02/01/2019	TMSD00052625	5.20	9.13	Enero
TMSD201900205	SOL002774	06/03/2019	TMSD00059887	1.56	9.13	Marzo
TMSD201900325	SOL003225	18/04/2019	TMSD00063887	6.42	9.13	Abril
TMSD201900407	SOL003433	07/05/2019	TMSD00061185	5.16	9.13	Mayo
TMSD201900683	TMSOL004119	07/07/2019	TMSD00066989	5.40	9.13	Julio
TMSD201900684	TMSOL004120	08/07/2019	TMSD00075418	6.35	9.13	Julio
TMSD201900770	TMSOL004319	28/07/2019	TMSD00077645	4.95	9.13	Julio
TMSD201900908	TMSOL004689	08/09/2019	TMSD00082466	6.30	9.13	Setiembre
TMSD201900982	TMSOL004922	05/10/2019	TMSD00084594	6.10	9.13	Octubre
TMSD201901131	TMSOL005253	11/11/2019	TMSD00089935	14.40	9.13	Noviembre
TMSD201901133	TMSOL005255	11/11/2019	TMSD00090181	0.09	9.13	Noviembre
TMSD201901220	TMSOL005431	02/12/2019	TMSD00093689	5.00	9.13	Diciembre

c) Estándar Alto (TMSTD_03_AL_2016) – Au

Figura 41.

Estándar Alto – Au

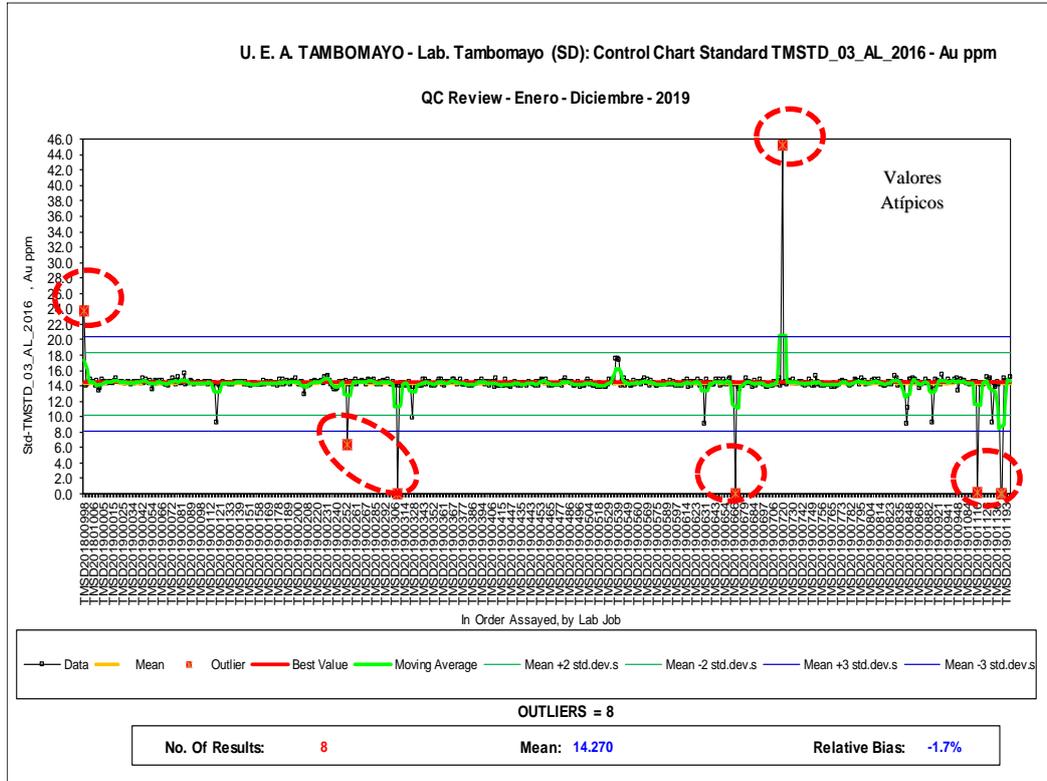


Tabla 20. Cuadro de pares fallidos Estándar Alto - Au

MINE BATCH NUMBER	LAB BATCH NUMBER	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Au ppm	BEST VALUE	QC Month
TMSD201800998	SOL002227	2/01/2019	TMSD00052912	23.74	14.51	Enero
TMSD201900248	SOL003006	29/03/2019	TMSD00060557	6.37	14.51	Marzo
TMSD201900309	SOL003185	14/04/2019	TMSD00062922	0.08	14.51	Abril
TMSD201900667	TMSOL004098	5/07/2019	TMSD00073571	0.02	14.51	Julio
TMSD201900720	TMSOL004234	18/07/2019	TMSD00076023	45.25	14.51	Julio
TMSD201901113	TMSOL005234	10/11/2019	TMSD00088594	0.14	14.51	Noviembre
TMSD201901149	TMSOL005292	17/11/2019	TMSD00091184	0.07	14.51	Noviembre
TMSD201901150	TMSOL005293	17/11/2019	TMSD00090659	0.02	14.51	Noviembre

d) Estándar Bajo (TMSTD_01_BL_2016) – Ag

Figura 42.

Estándar Bajo – Ag

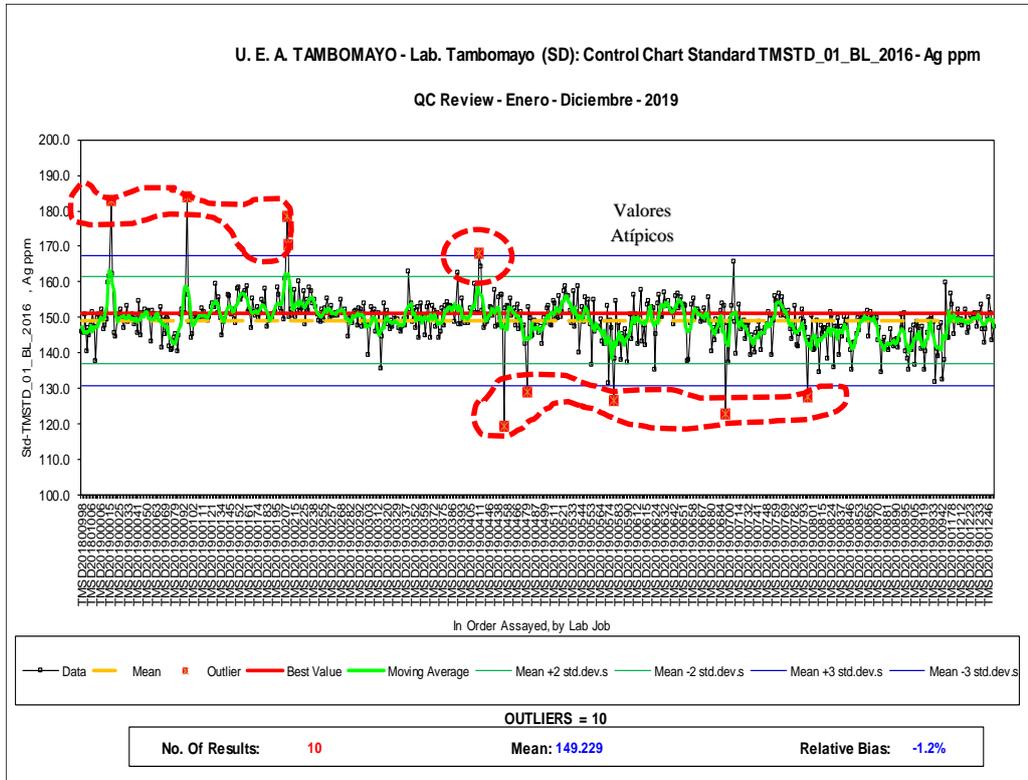


Tabla 21. Cuadro de pares fallidos Estándar Bajo - Ag

MINE BATCH NUMBER	LAB BATCH NUMBER	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Ag ppm	BEST VALUE	QC Month
TMSD201900018	SOL005824	12/01/2019	TMSD00053494	183.08	151.00	Enero
TMSD201900097	SOL002452	2/02/2019	TMSD00055797	184.12	151.00	Febrero
TMSD201900209	SOL002828	9/03/2019	TMSD00059695	178.56	151.00	Marzo
TMSD201900209	SOL002828	9/03/2019	TMSD00059708	170.41	151.00	Marzo
TMSD201900411	SOL003437	8/05/2019	TMSD00065832	168.02	151.00	Mayo
TMSD201900454	TMSOL003538	18/05/2019	TMSD00067668	119.35	151.00	Mayo
TMSD201900481	TMSOL003590	21/05/2019	TMSD00068174	129.15	151.00	Mayo
TMSD201900579	TMSOL003847	13/06/2019	TMSD00072079	126.50	151.00	Junio
TMSD201900694	TMSOL004167	11/07/2019	TMSD00075728	122.95	151.00	Julio
TMSD201900798	TMSOL004415	9/08/2019	TMSD00077380	127.52	151.00	Agosto

e) Estándar Medio (TMSTD_02_ML_2016) – Ag

Figura 43.

Estándar Medio – Ag

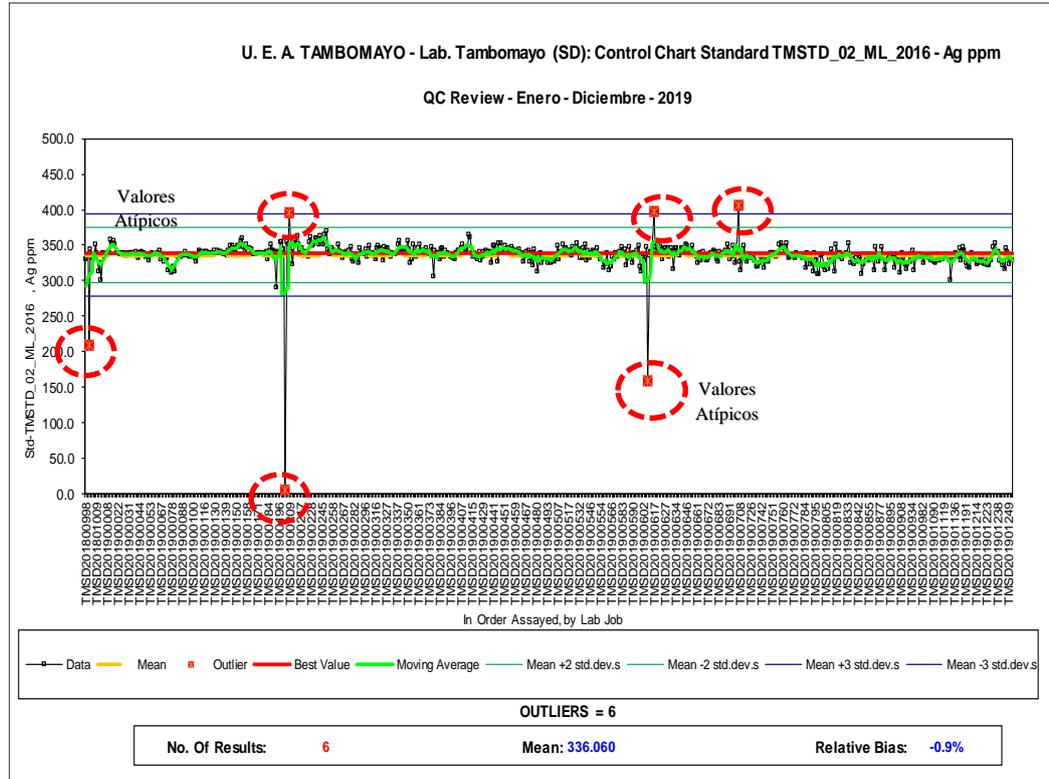


Tabla 22. Cuadro de pares fallidos Estándar Medio - Ag

MINE BATCH NUMBER	LAB BATCH NUMBER	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Ag ppm	BEST VALUE	QC Month
TMSD201801000	SOL002231	02/01/2019	TMSD00052625	208.38	339.00	Enero
TMSD201900205	SOL002774	06/03/2019	TMSD00059887	4.55	339.00	Marzo
TMSD201900209	SOL002828	09/03/2019	TMSD00059714	395.31	339.00	Marzo
TMSD201900605	TMSOL003913	17/06/2019	TMSD00072762	159.04	339.00	Junio
TMSD201900617	TMSOL003934	19/06/2019	TMSD00072392	396.82	339.00	Junio
TMSD201900705	TMSOL004186	12/07/2019	TMSD00074522	405.89	339.00	Julio

f) Estándar Alto (TMSTD_03_AL_2016) – Ag

Figura 44.

Estándar Alto – Ag

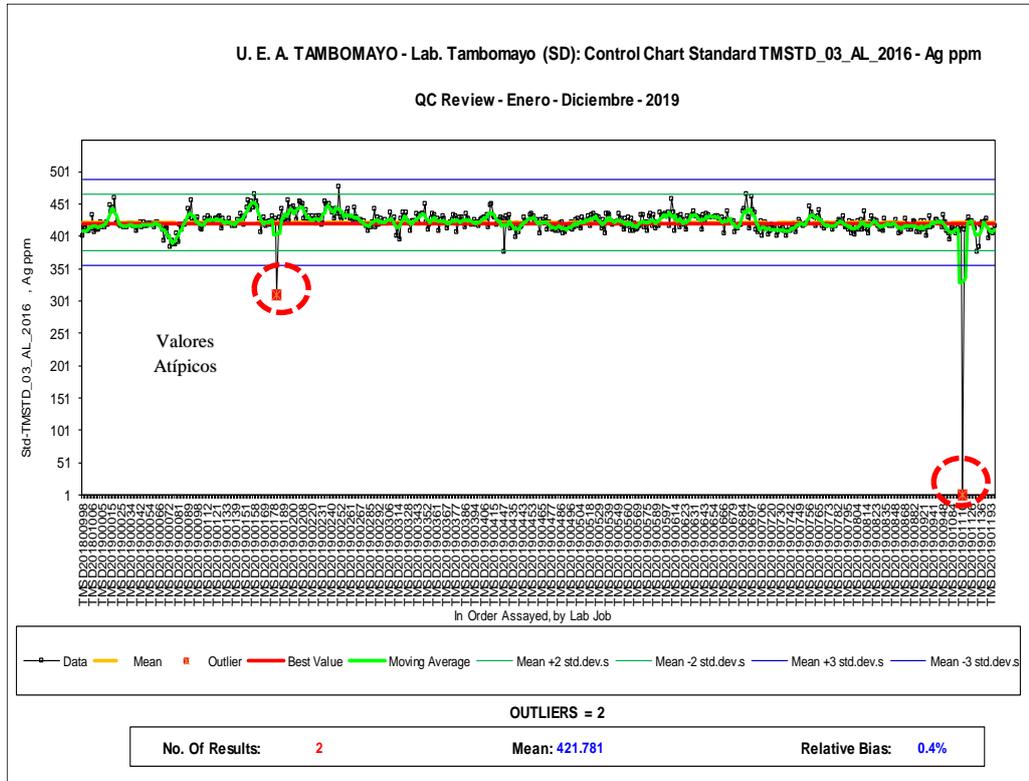


Tabla 23. Cuadro de pares fallidos Estándar Alto - Ag

MINE BATCH NUMBER	LAB BATCH NUMBER	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Ag ppm	BEST VALUE	QC Month
TMSD201900182	SOL002727	01/03/2019	TMSD00058659	309.63	420.00	Marzo
TMSD201901113	TMSOL005234	10/11/2019	TMSD00088594	1.70	420.00	Noviembre

4.2.7 Gráficos Control de Contaminación

a) Blanco Grueso (TMBLK_GR_TR-17131) – Au

Figura 45.

Blanco Grueso – Au

U. E. A. Tambomayo - Lab. Tambomayo (SD): Au in Coarse Blank

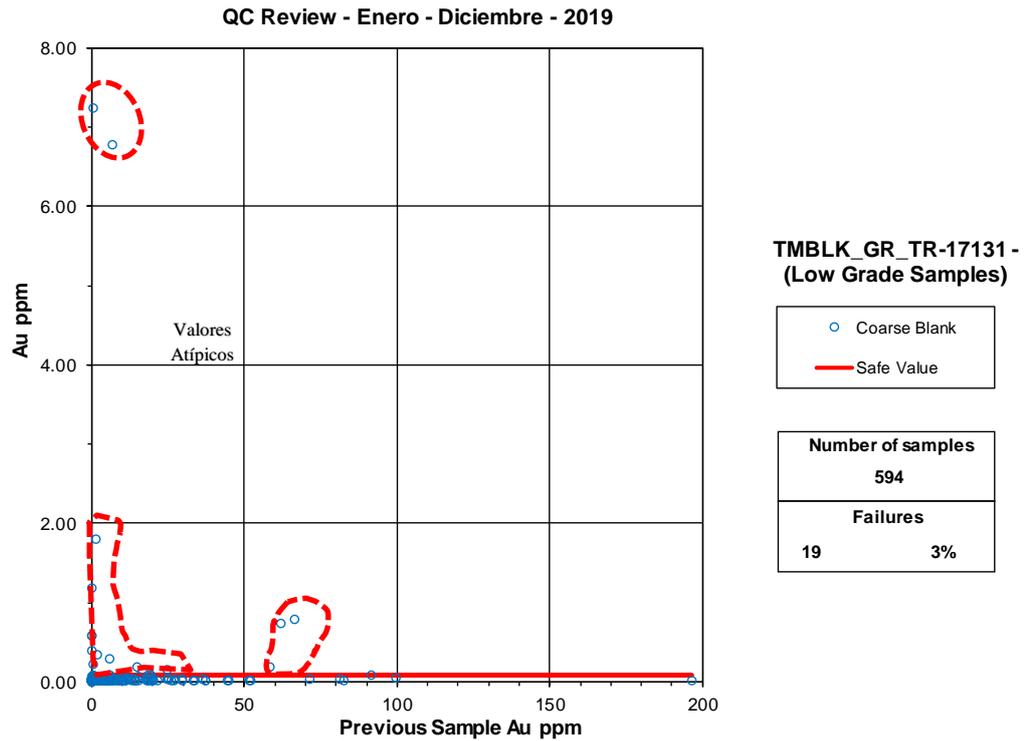


Tabla 24. Cuadro de pares fallidos Blanco Grueso - Au

Original Sample			Coarse Blank			Date
Lab	Original	Original	Lab	CB	CB	QC
Certificate	Sample Nr.	Au ppm	Certificate	Nr.	Au ppm	Month
SOL002666	TMSD00058348	0.02	SOL002666	TMSD00058349	0.58	Febrero
SOL002966	TMSD00060850	1.80	SOL002966	TMSD00060851	0.35	Marzo
SOL003280	TMSD00064411	0.02	SOL003280	TMSD00064412	1.18	Abril
SOL003437	TMSD00065838	5.74	SOL003437	TMSD00065839	0.29	Mayo
SOL003454	TMSD00065989	0.22	SOL003454	TMSD00065990	0.59	Mayo
SOL003473	TMSD00066561	0.39	SOL003473	TMSD00066562	7.25	Mayo
TMSOL003857	TMSD00071659	0.02	TMSOL003857	TMSD00071660	0.39	Junio
TMSOL003923	TMSD00071941	1.20	TMSOL003923	TMSD00071942	1.80	Junio
TMSOL003996	TMSD00072995	19.55	TMSOL003996	TMSD00072996	0.09	Junio
TMSOL004197	TMSD00074920	6.63	TMSOL004197	TMSD00074921	6.78	Julio
TMSOL004263	TMSD00076515	0.26	TMSOL004263	TMSD00076516	0.09	Julio
TMSOL004407	TMSD00078260	18.39	TMSOL004407	TMSD00078261	0.08	Agosto
TMSOL004453	TMSD00078481	19.54	TMSOL004453	TMSD00078482	0.08	Agosto
TMSOL004514	TMSD00080431	0.26	TMSOL004514	TMSD00080432	0.22	Agosto
TMSOL004743	TMSD00081598	24.80	TMSOL004743	TMSD00081599	0.16	Setiembre
TMSOL005257	TMSD00090428	15.00	TMSOL005257	TMSD00090429	0.19	Noviembre
TMSOL005294	TMSD00090671	61.80	TMSOL005294	TMSD00090672	0.73	Noviembre
TMSOL005360	TMSD00092339	58.30	TMSOL005360	TMSD00092340	0.18	Noviembre
TMSOL005468	TMSD00093842	66.34	TMSOL005468	TMSD00093843	0.79	Diciembre

b) Blanco Fino (TMBLK_FN_TR-17129) – Au

Figura 46.

Blanco Fino – Au

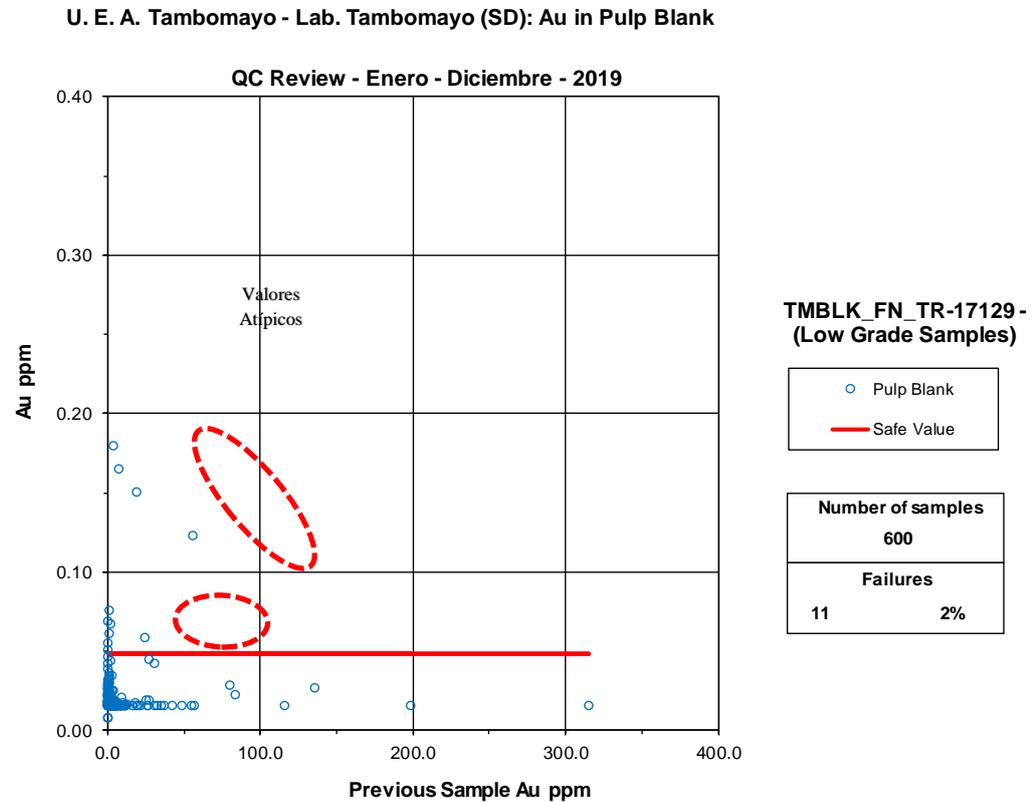


Tabla 25. Cuadro de pares fallidos Blanco Fino - Au

Original Sample			Pulp Blank			Date
Lab	Original	Original	Lab	PB	PB	QC
Certificate	Sample Nr.	Au ppm	Certificate	Nr.	Au ppm	Month
SOL002401	TMSD00055162	0.31	SOL002401	TMSD00055163	0.05	Enero
SOL002403	TMSD00055741	3.50	SOL002403	TMSD00055742	0.18	Enero
SOL002717	TMSD00058129	24.05	SOL002717	TMSD00058130	0.06	Marzo
SOL003078	TMSD00060972	0.84	SOL003078	TMSD00060973	0.08	Abril
TMSOL003709	TMSD00068335	1.16	TMSOL003709	TMSD00068336	0.06	Mayo
TMSOL003711	TMSD00069528	2.14	TMSOL003711	TMSD00069529	0.07	Mayo
TMSOL003720	TMSD00069141	0.48	TMSOL003720	TMSD00069142	0.05	Junio
TMSOL003863	TMSD00071458	0.34	TMSOL003863	TMSD00071459	0.07	Junio
TMSOL005207	TMSD00088373	55.80	TMSOL005207	TMSD00088374	0.12	Noviembre
TMSOL005245	TMSD00090120	18.75	TMSOL005245	TMSD00090121	0.15	Noviembre
TMSOL005246	TMSD00090140	6.85	TMSOL005246	TMSD00090141	0.16	Noviembre

c) Blanco Grueso (TMLBK_GR_TR-17131) – Ag

Figura 47.

Blanco Grueso – Ag

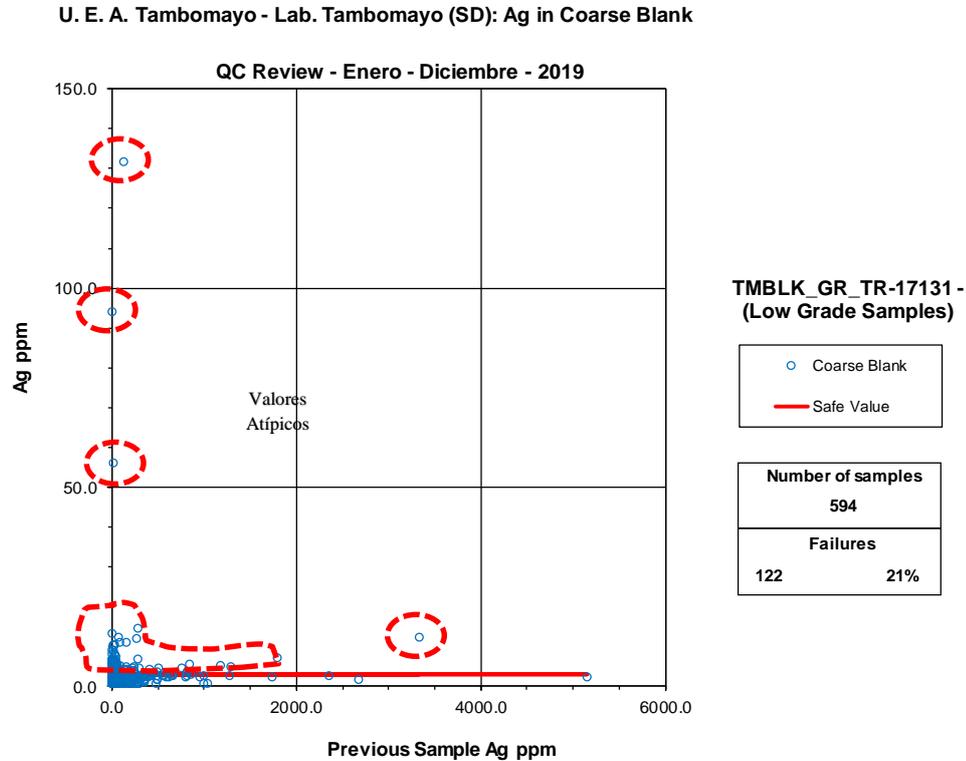


Tabla 26. Cuadro de pares fallidos Blanco Grueso - Ag

Original Sample			Coarse Blank			Date
Lab	Original	Original	Lab	CB	CB	QC
Certificate	Sample Nr.	Ag ppm	Certificate	Nr.	Ag ppm	Month
SOL002231	TMSD00052647	0.62	SOL002231	TMSD00052648	3.99	Enero
SOL002234	TMSD00052715	3.20	SOL002234	TMSD00052716	7.99	Enero
SOL002241	TMSD00053047	4.78	SOL002241	TMSD00053048	6.79	Enero
SOL002257	TMSD00053075	1.20	SOL002257	TMSD00053076	4.00	Enero
SOL002274	TMSD00053231	3.59	SOL002274	TMSD00053232	5.59	Enero
SOL002292	TMSD00053681	28.31	SOL002292	TMSD00053682	6.38	Enero
SOL002292	TMSD00053704	4.79	SOL002292	TMSD00053705	6.79	Enero
SOL002301	TMSD00053852	283.21	SOL002301	TMSD00053853	6.79	Enero
SOL002303	TMSD00053893	13.96	SOL002303	TMSD00053894	56.00	Enero
SOL002303	TMSD00053909	4.39	SOL002303	TMSD00053910	4.79	Enero
SOL002316	TMSD00054183	5.60	SOL002316	TMSD00054184	6.00	Enero
SOL002317	TMSD00054232	8.38	SOL002317	TMSD00054233	6.00	Enero
SOL002322	TMSD00053772	10.80	SOL002322	TMSD00053773	7.19	Enero
SOL002349	TMSD00055030	5.19	SOL002349	TMSD00055031	5.98	Enero
SOL002367	TMSD00054907	159.20	SOL002367	TMSD00054908	11.15	Enero
SOL002369	TMSD00054980	42.99	SOL002369	TMSD00054981	5.19	Enero
SOL002382	TMSD00054529	3.18	SOL002382	TMSD00054530	4.81	Enero
SOL002382	TMSD00054548	4.80	SOL002382	TMSD00054549	4.39	Enero
SOL002388	TMSD00054562	15.21	SOL002388	TMSD00054563	10.37	Enero
SOL002389	TMSD00055045	82.43	SOL002389	TMSD00055046	11.15	Enero
SOL002389	TMSD00055059	1.20	SOL002389	TMSD00055060	6.38	Enero
SOL002394	TMSD00055101	24.30	SOL002394	TMSD00055102	10.37	Enero
SOL002394	TMSD00055125	79.17	SOL002394	TMSD00055126	12.38	Enero
SOL002397	TMSD00055631	11.16	SOL002397	TMSD00055632	9.18	Enero
SOL002397	TMSD00055638	262.59	SOL002397	TMSD00055639	12.00	Enero
SOL002398	TMSD00055668	1.20	SOL002398	TMSD00055669	5.59	Enero
SOL002400	TMSD00055727	62.00	SOL002400	TMSD00055728	5.60	Enero
SOL002401	TMSD00055154	49.10	SOL002401	TMSD00055155	7.58	Enero
SOL002402	TMSD00055176	18.40	SOL002402	TMSD00055177	10.40	Enero
SOL002402	TMSD00055188	7.98	SOL002402	TMSD00055189	6.39	Enero
SOL002404	TMSD00055514	7.96	SOL002404	TMSD00055515	9.18	Enero

d) **Blanco Fino (TMBLK_FN_TR-17129) – Ag**

Figura 48.

Blanco Fino – Ag

U. E. A. Tambomayo - Lab. Tambomayo (SD): Ag in Pulp Blank

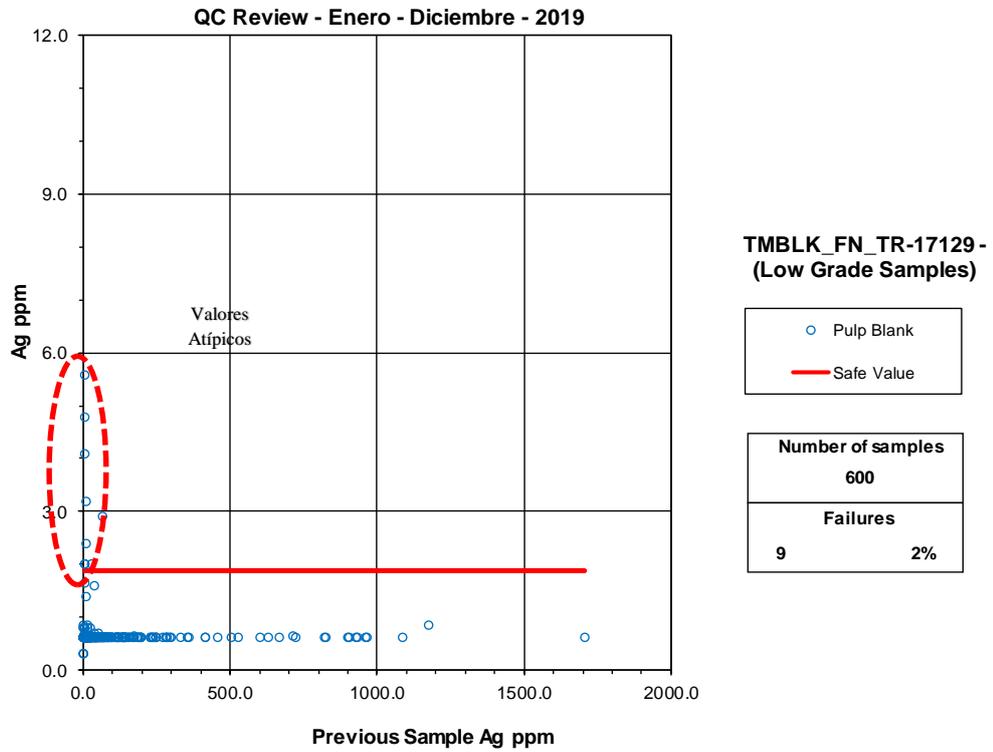


Tabla 27. Cuadro de pares fallidos Blanco Fino - Ag

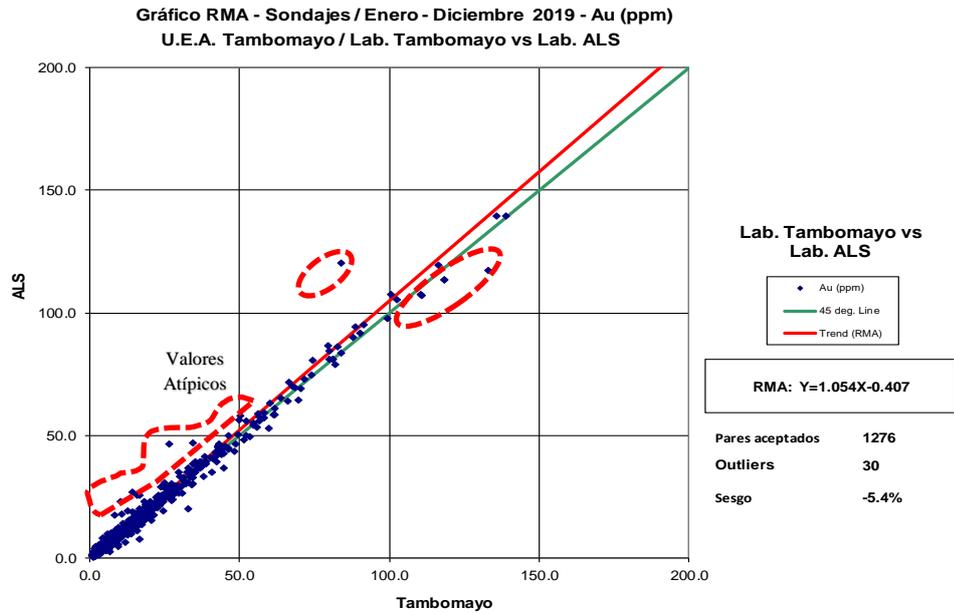
Original Sample			Pulp Blank			Date
Lab	Original	Original	Lab	PB	PB	QC
Certificate	Sample Nr.	Ag ppm	Certificate	Nr.	Ag ppm	Month
SOL002275	TMSD00053246	4.80	SOL002275	TMSD00053247	1.99	Enero
SOL002401	TMSD00055149	9.18	SOL002401	TMSD00055150	3.20	Enero
SOL002401	TMSD00055162	9.98	SOL002401	TMSD00055163	2.40	Enero
SOL002404	TMSD00055493	5.59	SOL002404	TMSD00055494	5.59	Enero
SOL002413	TMSD00055252	29.58	SOL002413	TMSD00055253	2.00	Enero
SOL002429	TMSD00055376	6.35	SOL002429	TMSD00055377	4.79	Enero
SOL002452	TMSD00055810	5.50	SOL002452	TMSD00055811	2.00	Febrero
SOL002967	TMSD00060142	67.65	SOL002967	TMSD00060143	2.90	Marzo
TMSOL004115	TMSD00074320	4.20	TMSOL004115	TMSD00074321	4.10	Julio

4.2.8 Gráficos Muestras de Chequeo (SD)

a) Check Samples – Au

Figura 49.

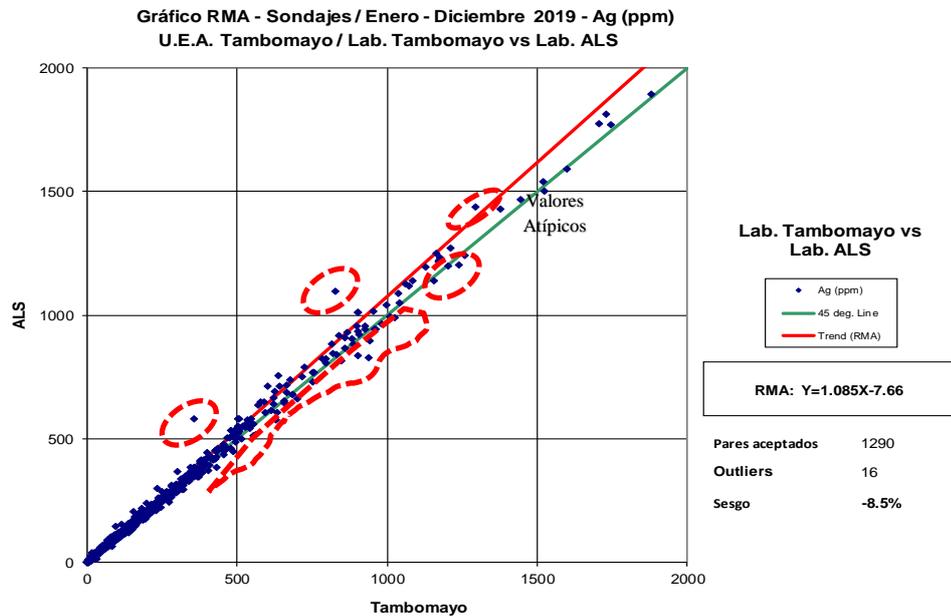
Check Samples – Au



b) Check Samples – Ag

Figura 50.

Check Samples – Au



4.3 Pruebas de Hipótesis

La Hipotesis plantea que si se aplica de un Sistema de Control de Calidad QA-QC el rango de %de muestras fallidas será menor al 5% del total de muestras en la mina Tambomayo.

4.3.1 Control de Precisión

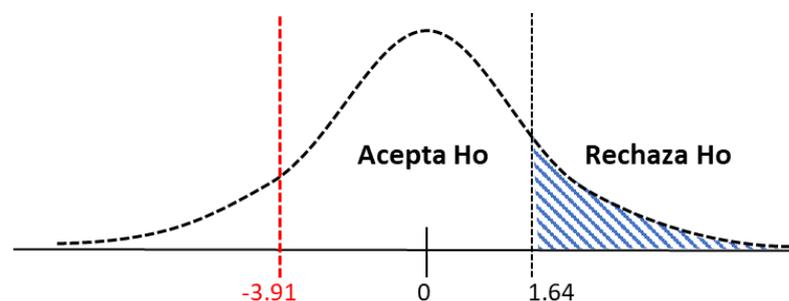
Según la prueba hipótesis, se considera Aceptada la Hipótesis Nula.

Tabla 28. Cálculos Estadísticos de prueba hipótesis - Precisión

Hipótesis Nula	$H_0: \mu$	\leq	$\pm 5\%$ aceptación
Hipótesis Alternativa	$H_1: \mu$	$>$	$\pm 5\%$ aceptación
Significancia	α		0.05
Desviación Estándar	σ		9.21
Promedio en la Muestra	χ		1.83
Tamaño de la Muestra	η		129
Punto Crítico de "Z"			1.64
Valor de la Fórmula "Z"			-3.91
La Hipótesis Nula se:			Acepta

Figura 51.

Prueba unilateral con cola hacia la izquierda – Precisión



Interpretación: Entonces se puede afirmar que el valor promedio de las muestras de control para precisión es menor que 5%, lo cual se considera su nivel de aceptación "Buena".

4.3.2 Control de Exactitud

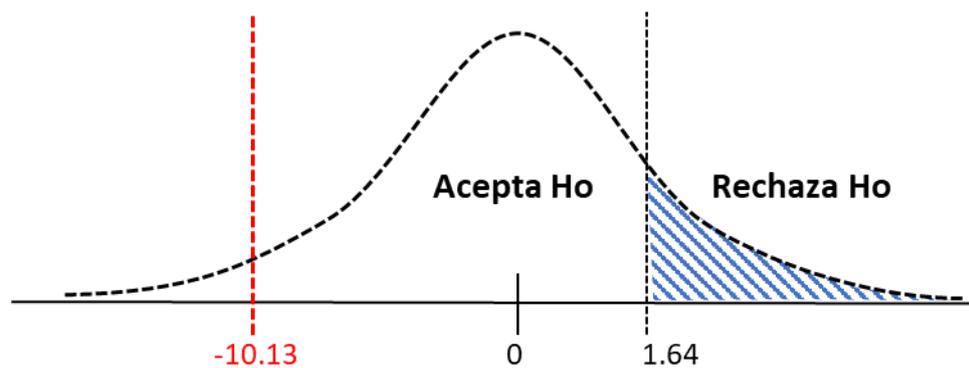
Según la prueba hipótesis, se considera Aceptada la Hipótesis Nula.

Tabla 29. Cálculos Estadísticos de prueba hipótesis - Exactitud

Hipótesis Nula	$H_0: \mu$	\leq	$\pm 5\%$ aceptación
Hipótesis Alternativa	$H_1: \mu$	$>$	$\pm 5\%$ aceptación
Significancia	α		0.05
Desviación Estándar	σ		4.07
Promedio en la Muestra	χ		-1.01
Tamaño de la Muestra	η		47
Punto Critico de "Z"			1.64
Valor de la Fórmula "Z"			-10.13
La Hipótesis Nula se:			Acepta

Figura 52.

Prueba unilateral con cola hacia la izquierda – Exactitud



Interpretación: Se puede afirmar que el valor promedio de las muestras de control para exactitud es menor que 5%, lo cual se considera su nivel de aceptación "Buena".

4.3.3 Control de Contaminación

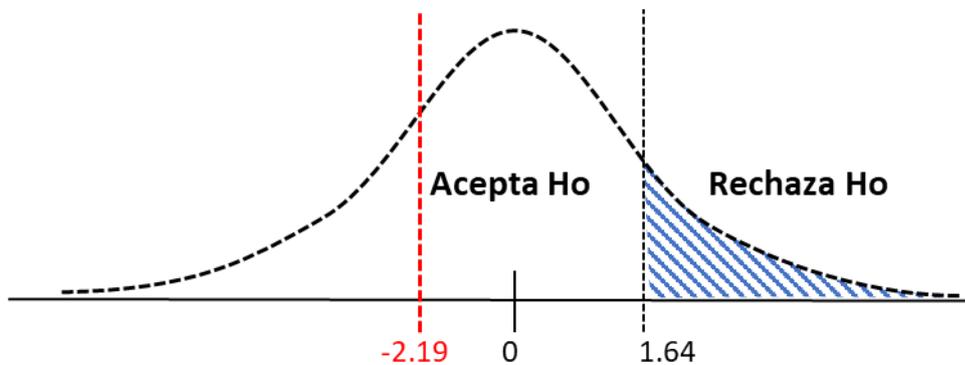
Según la prueba hipótesis, se considera Aceptada la Hipótesis Nula.

Tabla 30. Cálculos Estadísticos de prueba hipótesis - Exactitud

Hipótesis Nula	$H_0: \mu$	\leq	$\pm 5\%$ aceptación
Hipótesis Alternativa	$H_1: \mu$	$>$	$\pm 5\%$ aceptación
Significancia	α		0.05
Desviación Estandar	σ		10.53
Promedio en la Muestra	χ		3.20
Tamaño de la Muestra	η		164
Punto Critico de "Z"			1.64
Valor de la Fórmula "Z"			-2.19
La Hipótesis Nula se:			Acepta

Figura 53.

Prueba unilateral con cola hacia la izquierda – Contaminación



Interpretación: Se puede afirmar que el valor promedio de las muestras de control para contaminación es menor que 5%, lo cual se considera su nivel de contaminación es "Baja".

4.4 Discusión Resultados

Se revisó el programa de control de calidad implementado en la mina Tambomayo de enero a octubre de 2019. En general, las muestras de control insertadas en muestras de perforación diamantina y canales incluyen blancos, duplicados, materiales de referencia estándar (MRE) y check assay.

4.4.1 Tasa de Inserción de Muestras de Control

El porcentaje total de inserción de muestras de control en el proceso de muestreo geológico está en promedio 1.82% del total de muestras, lo que se considera adecuados respecto a las mejores prácticas aplicadas en la industria y las recomendaciones por AMEC, CIM y el código de JORC, quienes coinciden en recomendar en promedio un “1.8% a 2.0 % de muestras de control, entre blancos, duplicados, estándares y gemelos” (Simón, 2016).

4.4.2 Duplicados

Los pares de datos de ensayos analizados consisten de 508 duplicados de campo (muestras gemelas), 605 duplicados gruesos y 606 duplicados finos insertados de febrero a octubre de 2019.

Los datos de los pares duplicados analizados muestran en general que los resultados de ensayos de Au y Ag pueden ser reproducidos con alta confianza por el laboratorio Tambomayo. Los gráficos de dispersión para Au y Ag de duplicados gruesos, duplicados finos y chequeo presentan para todos los elementos analizados índices inferiores al 5%, cumpliendo con los criterios de aceptación recomendados. Sin embargo, el valor de Au en duplicados finos presenta un porcentaje de fallos cercano a 8%.

De la evaluación y comparación con otros laboratorios de los resultados de duplicados insertados en los laboratorios Tambomayo, considera que la baja precisión para los duplicados de campo analizados en el laboratorio Tambomayo podría estar relacionado con la contaminación y la baja exactitud del laboratorio.

4.4.3 Estándares

Los estándares insertados en muestras de perforación diamantina y canales durante el 2019 están certificados por Target Rocks para Au (g/t), Ag (ppm), Los resultados de Au para el estándar de baja se encuentran dentro de los límites aceptables de exactitud, presentando un sesgo promedio -1.39% distribuidos debajo del valor nominal y -2σ , el comportamiento del MRE TMSTD_01_BL_2016 sugiere sesgo negativo con CV 11.38%. El estándar media ley sugiere sesgo negativo, mostrando 6.68% CV. El estándar alta ley sugiere sesgo negativo, mostrando 5.22% CV.

Los resultados de Ag para el estándar de baja se encuentran dentro de los límites aceptables de exactitud, presentando un sesgo promedio -0.54% distribuidos debajo del valor nominal y -2σ , el comportamiento del MRE TMSTD_01_BL_2016 sugiere sesgo negativo con CV 4.10%. El estándar media ley sugiere sesgo negativo, mostrando 5.81% CV. El estándar alta ley sugiere sesgo positivo, mostrando 0.42% CV.

Se considera que la exactitud del material ensayado en el laboratorio Tambomayo para Au y Ag se encuentra dentro de los límites aceptables (buena: sesgo de 0% a $\pm 5\%$).

4.4.4 Blancos

De la evaluación de los resultados de blancos finos insertados en muestras de perforación diamantina y canales se encuentran dentro de los

niveles de contaminación aceptados. Sin embargo se considera que en el laboratorio Tambomayo podría existir contaminación cruzada principalmente en Ag que presenta en el duplicado 20.54% tasa de contaminación incumpliendo con los criterios de aceptación.

4.4.5 Muestras de Chequeo

Los pares de datos de ensayo analizados consisten 1306 muestras de chequeo insertados de enero a noviembre de 2019. Los datos de los pares duplicados analizados por muestran en general que los resultados de ensayos de Au y Ag pueden ser reproducidos con alta confianza por el laboratorio Tambomayo.

El % de fallos para Au y Ag de muestras de chequeo presentan índices inferiores a 5% cumpliendo con los criterios de aceptación recomendados.

CONCLUSIONES

1. La aplicación un sistema de Control de Calidad QA-QC al proceso de Muestreo Geológico, si tiene influencia en la reducción del error relativo, sesgo y tasa de contaminación obteniendo resultados en un rango aceptable menor al 5%, validando así la Estimación de Recursos en la mina Tambomayo, Caylloma – Arequipa 2019
2. La aplicación de un Sistema de Control de Calidad QA-QC tiene una relación directa con la validación de la estimación de los recursos en la mina Tambomayo, ya que al estar los resultados dentro de los niveles de precisión y exactitud aceptables se alinean a los criterios de evaluación e información de recursos minerales del Código JORC 2012.
3. Se tiene mayor confiabilidad de los datos geológicos a utilizar para la estimación de recursos con la minimización de errores en el proceso de Muestreo Geológico.
4. En general, el proceso de muestreo, recolección, preparación y análisis químico que realiza el laboratorio Tambomayo cumple con los estándares sugeridos según AMEC.
5. La exactitud analítica para oro y plata se encuentra dentro de los límites aceptables (buena: sesgo de 0% a $\pm 5\%$). Los estándares de ley de oro alta mostraron los sesgos más altos entre -1.65% y -13.8%; en cambio los estándares de oro de ley baja y ley media reportan los porcentajes más bajos entre -0.87% y -1.98%.
6. Respecto al grado de contaminación, los resultados se encuentran dentro del rango aceptable (10 veces el límite de detección 10 DL). No se identificaron eventos de contaminación durante la preparación de las muestras.
7. En cuanto a la precisión, los resultados para duplicados de campo se encuentran dentro del rango aceptable de precisión para oro y plata (%CV aceptable para oro y plata: 10%), con coeficiente de variación de 1.33% y 7.97%

RECOMENDACIONES

Considerando que la mina actualmente está enfocando sus esfuerzos en la exploración para incrementar sus recursos minerales, es importante continuar con la confianza en la calidad de la información obtenida, y que estos puedan sustentar la estimación de recursos. A continuación, se resume algunas recomendaciones para lograr este objetivo:

1. Continuar con el programa de QA-QC tanto para el muestreo de testigo como para el de canales, considerando los controles y frecuencia de inserción.
2. Reforzar la capacitación del equipo de muestreo sobre procedimientos del muestreo, control de calidad y la importancia de recolectar una muestra representativa.
3. Colectar la muestra gemela en las mismas condiciones que la original. Las muestras gemelas de canal deben consistir en canales paralelos a los originales. Las muestras gemelas de testigo deben consistir en la mitad remanente del testigo. La toma de muestras gemelas a medio testigo debe ser complementada con un adecuado registro fotográfico del testigo previo al corte.
4. Monitorear los resultados del programa QA-QC por lote/semana, con reportes mensuales, incluyendo las acciones que deben ser tomadas al detectar errores. Estas acciones deben estar claramente definidas en el protocolo y ser entendidas por el personal involucrado.
5. Revisar los procedimientos del laboratorio de Tambomayo, considerando las siguientes recomendaciones:
 - La temperatura de secado requerida no debe superar los 105°C +/- 5°C
 - La granulometría comúnmente requerida para poder reducir de peso previo al pulverizado, garantizando la representatividad de la muestra, es 95% – 2 mm.

- La granulometría de pulverización requerida es, comúnmente, 95%-106 μm (150# Tyler), dependiendo del tipo de material y el tiempo requerido debe ser el suficiente para lograr esta granulometría. Realizar un chequeo granulométrico de la pulverización del 10% de las muestras.
- Se deben monitorear las pérdidas de peso durante las diferentes etapas de la preparación.
- Se debe realizar y evaluar los controles de granulometría después de chancado y pulverizado.
- No se debe utilizar alícuotas con peso menor a 30 g para el ensayo al fuero del oro debido a que no garantiza la representatividad de la muestra.
- Se debe tener implementado un adecuado programa de CC que evalúe la precisión, exactitud y contaminación del Laboratorio.
- Los reportes de la Base de datos (logueo, muestreo, otros) deben ser verificados y aprobados por el geólogo responsable del programa de perforación y/o muestreo. Luego, se debe establecer las medidas seguridad informáticas para evitar que los datos sean modificados sin autorización formal.
- Realizar una evaluación integral de la contaminación de los blancos en el laboratorio como en las zonas de almacenamiento.
- Custodiar los rechazos de sondajes y canales con la finalidad de realizar pruebas de duplicados y de metalurgia, posteriormente. Además de evaluar el índice error relativo de los duplicados de campo de manera geoespacial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, I. M. (2019). *DESARROLLO DE GUÍA DE MEJORES PRÁCTICAS EN ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINEROS PARA YACIMIENTOS TIPO PÓRFIDO CUPRÍFERO EN CHILE*, [Tesis de Grado, Universidad de Chile]. Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/174371>
- Buenaventura, C. d. (2017). *Manual de control de calidad*. Lima.
- Canchaya, S. (25 de Junio de 2018). QA & QC en minería; realidad o fantasía. *Congreso Mundial de Muestreo*, pág. 5.
- Ccama, H. M. (2017). *Aplicación QAQC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos* [Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín]. Repositorio Institucional, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3074>
- CIM, C. I. (2018). *Guía para las Mejores Prácticas en la Exploración Minera*. Canada.
- Collipal, S. (2013). *Aplicación de QAQC en el proceso geológico conducentes a la estimación de recursos*. Chile.
- Hernández, S. R. (2018). *Metodología de la investigación*. (Sexta Edición ed.). México.
- Huamani, Q. E. (2019). *GEOLOGÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LACALIDAD (QAQC) EN LA MINA CHIPMO*, [Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín]. Repositorio Institucional, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9996>
- JORC, C. (2012). *Código de Australasia para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena*. Australia.
- Ortiz, C. J. (2017). *Muestreo y control de calidad para evaluación de yacimientos*, Chile.
- Paski, E. (2006). *Taller internacional de muestreo geologico IIMP & Actlabs*. Lima.

- Pitard, F. F. (2019). *Theory of Sampling and Sampling Practice: Heterogeneity, Sampling Correctness and Statistical Process Control*. (T. Edition, Ed.) EE.UU.
- Rodriguez, N. J. (2017). *Geología, Control de Calidad (Ore Control, QAQC-Dilución)*, [Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín]. Repositorio Institucional, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2540>
- Simón, A. (2016). *Taller de aseguramiento y control de la calidad en la exploración geológica*. Chile.
- Urtubia, O. V. (2019). *IMPLEMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE GEOLOGÍA DE PRODUCCIÓN, CONTROL DE CALIDAD MINERAL MINA SAN ANTONIO, DIVISIÓN EL SALVADOR CODELCO, REGIÓN DE ATACAMA*, [Tesis de Grado, Universidad de Concepción]. Chile. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/6327>

ANEXOS

ANEXO 01

Lista de verificación de Criterios de Evaluación e Información del Código JORC

Sección: Estimación y Reporte de Recurso Minerales

CRITERIOS	EXPLICACIÓN
TÉCNICAS DE MUESTREO Y DATOS <i>(los criterios en este grupo se aplican a todos los grupos sucesivos)</i>	
<i>Técnicas de perforación</i>	<i>Tipo de Perforación, (por ejemplo, diamantina, circulación reversa, martillo por rotación, auger, Bangka, etc) y detalle (por ejemplo, diámetro del testigo de perforación, tubo triple estándar, profundidad de las colas de diamante, broca, muestreo de frente u otro tipo, etc.) Medidas tomadas para maximizar la recuperación de muestras y asegurar el carácter representativo de las muestras.</i>
<i>Registro</i>	<i>Si el testigo y muestras de lascas han sido registradas a un nivel de detalle para respaldar una estimación apropiada de Recursos Minerales, estudios de minería y estudios metalúrgicos. Si el registro es de naturaleza cualitativo o cuantitativo. Fotografía de testigo de perforación (o calicatas, canal, etc.).</i>
<i>Recuperación de muestra de perforación</i>	<i>Si las recuperaciones de testigo y muestra de lascas han sido debidamente registrados y se han evaluado los resultados. En particular si existe una relación entre la recuperación y la ley de la muestra y si puede haberse producido un sesgo en las muestras debido a pérdida / ganancia preferencial de material fino / grueso.</i>
<i>Otras técnicas de muestreo</i>	<i>Naturaleza y calidad del muestreo (por ejemplo, canales cortados, detritus al azar, etc.) y medidas tomadas para asegurar representatividad de muestras.</i>
<i>Técnicas de sub-muestreo y preparación de muestras</i>	<i>En el caso de testigo, si está cortado o aserrado y si se ha tomado un cuarto, la mitad o todo el testigo. Si no es testigo, si ha sido separado, muestreado por tubo, dividido rotativamente, y si es muestreado húmedo o seco. Para todos los tipos de muestras, la naturaleza, calidad y relevancia de la técnica de preparación de la muestra. Procedimientos de control de calidad adoptados para todas las etapas de sub-muestreo para maximizar la representatividad de las muestras. Medidas tomadas para asegurar que el muestreo es representativo del material in situ reunido. Si los tamaños de las muestras son apropiados a la granulometría del material que está siendo muestreado.</i>
<i>Calidad de datos de ensayos y pruebas de laboratorio</i>	<i>La naturaleza calidad y relevancia de los ensayos y procedimientos de laboratorio usados y si la técnica se considera parcial o total. Naturaleza de los procedimientos de control de calidad adoptados (por ejemplo, estándares, blancos, duplicados y verificaciones por medio de laboratorio externo) y si se han establecido niveles aceptables de exactitud (es decir falta ausencia de sesgo) y precisión.</i>
<i>Verificación de muestreo y ensayos</i>	<i>La verificación de intersecciones significativas ya sea por independiente o personal alternativo de la compañía. El sondajes</i>

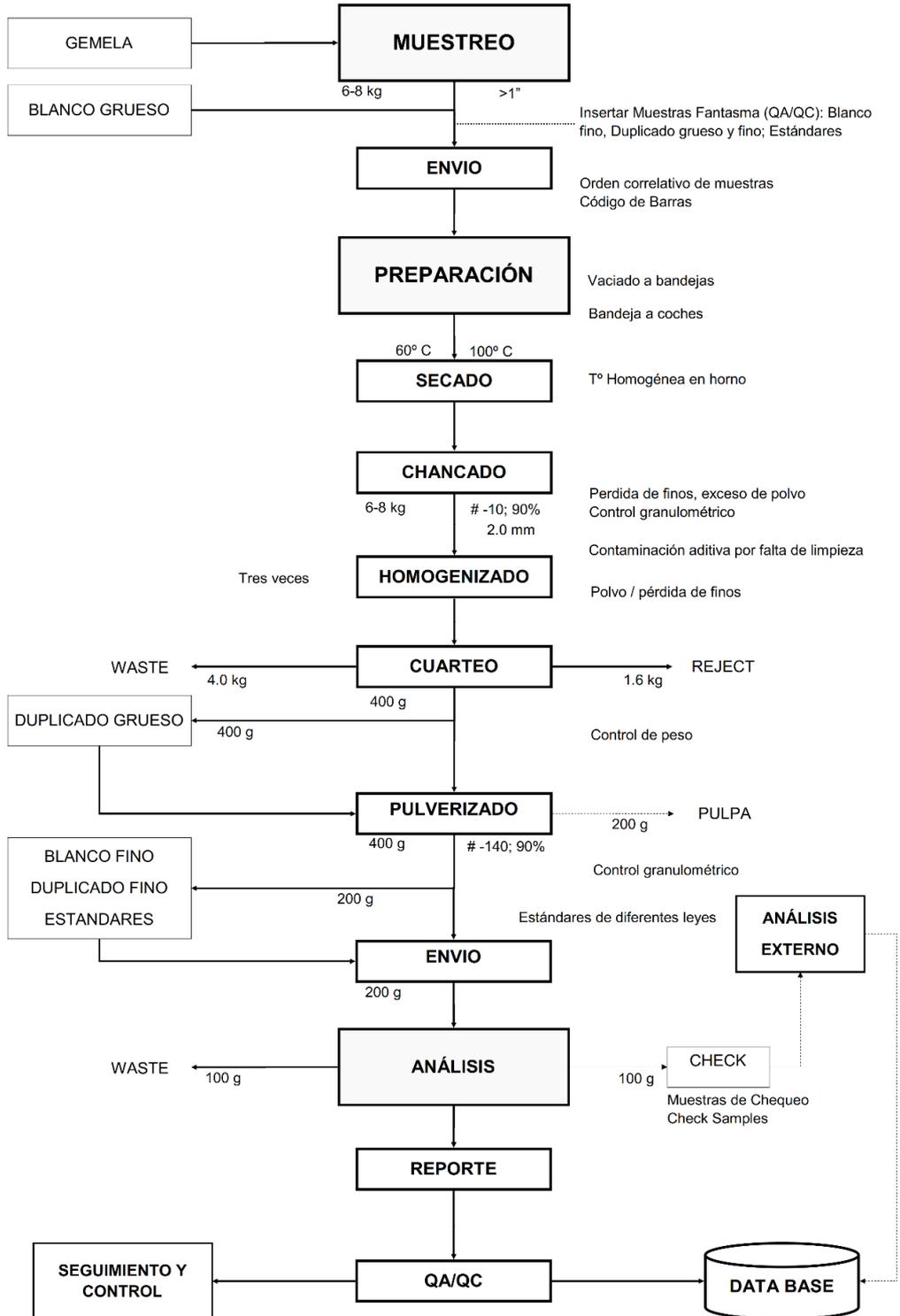
	gemelos.
Ubicación de puntos de datos	Exactitud y calidad de estudios topográficos hechos para ubicar sondajes (topografía de collar y de profundidad) zanjas, laboreos y otras ubicaciones usadas en la estimación de Recursos Minerales. Calidad e idoneidad del control topográfico.
Densidad de datos y distribución	Densidad de datos para informar resultados de exploración. Si la densidad de los datos y su distribución es suficiente para establecer el grado de continuidad geológica y de leyes, apropiadas para el procedimiento de estimación de los Recursos Minerales y Reservas de Mena y las clasificaciones aplicadas. Si se han utilizado compósitos de muestras.
Auditorías o revisiones	Los resultados de cualquiera auditoría o revisiones de técnicas de muestreo y datos.
INFORMES SOBRE RESULTADOS DE EXPLORACIÓN (Los criterios detallados en el grupo anterior se aplican también a este grupo)	
Situación de la pertenencia minera y propiedad del terreno	Tipo, nombre de referencia / número, ubicación y propiedad incluyendo convenios o aspectos materiales con terceros como ser "Joint Ventures", sociedades de personas, regalías dominantes, intereses de título originario, sitios históricos, parque nacional y situaciones medioambientales. En particular, la seguridad de la tenencia a la fecha en que se da la información junto con cualquier impedimento que se conozca para obtener una licencia con el fin de operar en el área.
Exploración hecha por otras partes	Reconocimiento y tasación de exploración por otras partes
Geología	Tipo de depósito, situación geológica y estilo de mineralización
Métodos de agregación de datos	Al informar sobre resultados de exploración, técnicas de promedios ponderados, truncamientos de leyes máximas y/o mínimas (por ejemplo corte de leyes altas) y leyes de corte son generalmente importantes y deben indicarse. Donde compósitos son agregados en que se incorporan tramos cortos de resultados de alta ley y tramos más largos de resultados de baja ley, debe indicarse el procedimiento usado para dicha agregación y algunos ejemplos típicos de dichas agregaciones deben indicarse en detalle. Los supuestos usados para la información sobre valores equivalentes de metal deben establecerse claramente.
Relación entre anchos de mineralización y largos de compósitos.	Estas relaciones son particularmente importantes en la información de resultados de exploración. Si se conoce la geometría de la mineralización con respecto al ángulo de sondaje debe informarse su naturaleza. Si no se conoce y sólo se informa la longitud del sondaje, debe haber una declaración clara en este sentido (por ejemplo "longitud a lo largo del sondaje, anchura verdadera no conocida").
Figuras	Si fuera posible debe incluirse, mapas y secciones (con las escalas) y tabulaciones de las intersecciones para cualquier material significativo encontrada, si estas figuras adornasen el reporte.
Informe equilibrado	Cuando no es posible entregar un informe detallado de todos los resultados de la exploración, debe presentarse un informe representativo tanto de las leyes altas y bajas y/o anchos con el fin de evitar una información engañosa de los resultados de la exploración.

Otros datos substantivos de exploración	Otros datos de exploración, si son significativos e importantes deben reportarse incluyendo (pero no limitado a): observaciones geológicas, resultados de estudios geofísicos; resultados de estudios geoquímicos; muestras en volumen – tamaño y método de tratamiento; resultados de pruebas metalúrgicas; densidad media; agua subterránea; características geotécnicas y de roca, sustancias potencialmente nocivas o contaminantes.
Trabajo adicional	La naturaleza y escala de trabajo adicional planificado (por ejemplo pruebas para extensiones laterales o extensiones en profundidad o perforaciones en mallas a gran escala).
ESTIMACIÓN E INFORMACIÓN DE RECURSOS MINERALES (Los criterios detallados en el primer grupo, y cuando proceda en el segundo grupo, se aplican también a este grupo)	
Integridad de la base de datos	Medidas tomadas para asegurar que no se han corrompido los datos, como ejemplo, por transcripción o errores de digitación, entre su recolección inicial y su uso para efectos de estimación de Recursos Minerales. Procedimientos de validación de datos usados.
Interpretación geológica	Naturaleza de los datos usados y de las suposiciones hechas. El efecto, si lo hay, de interpretaciones alternativas sobre los Recursos Minerales estimados. El uso de geología para guiar y controlar la estimación de Recursos Minerales. Los factores que afectan la continuidad tanto de la ley como de la geología.
Técnicas de estimación y modelamiento	La naturaleza y procedencia de las técnicas de estimación aplicadas y supuestos claves, incluyendo tratamiento de valores extremos de ley, dominios, parámetros de interpolación, distancia máxima de extrapolación desde los datos. La disponibilidad de verificaciones de estimaciones, estimaciones previas y/o registros de producción minera y si la estimación de Recursos toma en cuenta adecuadamente dichos datos. Los supuestos con respecto a la recuperación de subproductos. En el caso de interpolación con el espaciado de bloques, el tamaño del bloque en relación con el espaciado promedio de las muestras y el rango de búsqueda empleado. Cualquier supuesto que respalde el modelamiento de unidades selectivas de minería (por ejemplo, "Kriging" no lineal). El proceso de validación, el proceso de verificación usado, la comparación de datos de modelos con datos de barrenos, y el uso de datos de reconciliación si están disponibles.
Leyes de corte o parámetros	La base de la(s) ley(es) de corte o parámetros de calidad aplicados, incluyendo las bases, si corresponde, de fórmulas de metal equivalente.
Factores de explotación o supuestos	Los supuestos hechos con respecto a posibles métodos de explotación, dimensiones mínimas de explotación, dilución interna (o si corresponde externa) por explotación. Puede no ser siempre posible hacer supuestos con respecto a métodos de explotación y parámetros cuando se estima Recursos Minerales. Cuando no se hayan hecho supuestos, esto debe ser informado.
Factores metalúrgicos o supuestos	Las bases de supuestos o predicciones con respecto a la comportamiento metalúrgico. Puede no ser siempre posible hacer supuestos con respecto a procesos y parámetros de tratamiento metalúrgico cuando se informan los Recursos Minerales. Cuando no se hayan hecho supuestos, esto debe ser informado.

<i>Factores de tonelaje (en densidad promedio In situ)</i>	<i>Ya sea supuesto o determinado. Si es supuesto, las bases de los supuestos. Si se ha determinado, el método empleado, la frecuencia de las medidas, la naturaleza, tamaño y representatividad de las muestras</i>
<i>Clasificación</i>	<i>Las bases de la clasificación de los Recursos Minerales en las diversas categorías de confianza. Si se han tomado en cuenta adecuadamente todos los factores relevantes, es decir, confianza relativa en los cálculos de tonelaje / ley, confianza en la continuidad de la geología y en valores del metal, calidad, cantidad y distribución de los datos. Si el resultado refleja adecuadamente la opinión de la(s) Persona(s) Competente(s) sobre el depósito.</i>
<i>Auditorias o revisiones</i>	<i>Los resultados de las auditorias o revisiones a las estimaciones de Recursos Minerales</i>

ANEXO 03

SISTEMA DE CONTROL QA-QC



Anexo N° 04

DIAGRAMA DE PROCESOS QAQC

